Práctica 1

Modulo de Young

A. Objetivos

- Determinar el módulo de Young de una barra metálica.

B. Fundamentos teóricos

Para la determinación del módulo de elasticidad Y de una varilla homogénea, fija en un extremo y sometida a carga en el otro extremo libre, se utiliza la razón entre el *esfuerzo normal de tracción o compresión* y el *alargamiento o acortamiento unitario*:

$$\frac{dF}{dA} = Y\frac{h}{r} \tag{1.1}$$

donde r es el radio de curvatura y h es la distancia del eje neutro a un área diferencial de sección transversal dA. Entonces, el momento diferencial de flexión $d\Gamma$ puede ser expresado por $d\Gamma = hdF$, y al integrar la ecuación (1.1) se obtiene:

$$\Gamma = Y\frac{I}{r} \tag{1.2}$$

donde I representa el momento de inercia de la sección transversal de la varilla respecto al eje horizontal pp'.

En la figura 1.1 se muestra un esquema de los dos extremos de una varilla que en un principio esta recta y que sufre una curvatura debido a la aplicación de una carga en su extremo. Se puede observar que la parte interna de la varilla, que llamaremos S_2, se comprime y la parte externa superior, llamada S_1 se estira. Existe una superficie más o menos paralela al eje de la barra que no se comprime ni se estira. A esta superficie se denomina superficie neutra S y se espera que esté cerca de la mitad de la sección transversal.

El torque τ aplicado sobre una sección transversal de la barra ubicada a una distancia x, se denomina momento de flexión respecto al eje horizontal pp' que pasa por su centro de masa y está dado por
Por definición se tiene que:

$$I = \int h^2 dA \tag{1.3}$$

En donde h es la distancia del eje pp' al elemento de área dA. Por lo tanto el radio de curvatura de la barra estaría dado por:

$$\frac{1}{r} = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left(1+\left(\frac{dx}{dy}\right)^2\right)^{3/2}} \approx \frac{d^2y}{dx^2} \qquad \text{solo si} \qquad \frac{dx}{dy} \ll 1 \tag{1.4}$$

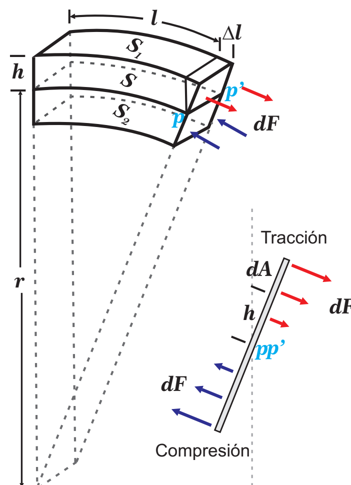


Figura 1.1. Sección de una varilla sometida a fuerzas de tracción y compresión.

Aplicando las condiciones de frontera al sistema de la figura 1.1, y resolviendo la ecuación diferencial se obtiene:

$$y(x) = \frac{\lambda g l^4}{YI}\left(\frac{x^4}{24l^4} - \frac{x^3}{6l^3}\left(1 + \frac{m}{\lambda l}\right) + \frac{x^2}{2l^2}\left(\frac{1}{2} + \frac{m}{\lambda l}\right)\right) \tag{1.5}$$

C. Cuestionario previo

1. ¿A qué se denomina esfuerzo y deformación sobre un sólido rígido?
2. ¿Cuáles son los módulos de elasticidad que tienen los sólidos? Explique todos los detalles.
3. ¿Cuál es la diferencia entre la región elástica y la región plástica de un sólido sometido a un esfuerzo?
4. ¿A qué se denomina módulo de Young?
5. ¿Cuál es la diferencia entre módulo de Young, constante elástica y constante de rigidez?
6. Existe cierta histéresis elástica, pequeña pero apreciable, en el tendón grande de la parte posterior de la pata de un caballo. Explique cómo esto puede dañar el tendón, si el caballo corre con demasiado esfuerzo durante mucho tiempo.
7. El material de los huesos humanos y el de un elefante es básicamente el mismo; sin embargo, un elefante tiene extremidades mucho más gruesas. Explique por qué, en términos del esfuerzo de rotura.
8. Compare las propiedades mecánicas de un cable de acero fabricado con muchos alambres delgados trenzados, con las propiedades de una varilla sólida de acero del mismo diámetro. ¿Qué ventajas tiene cada uno?
9. ¿Por qué el concreto reforzado con varillas de acero incrustadas en él es más fuerte que el ordinario?
10. Si un alambre metálico duplica su longitud y triplica su diámetro, ¿por cuál factor cambia su módulo de Young?

Universidad Católica San Pablo	Apellidos y nombres:		
	Grupo:	Día: / /	Hora:
	Profesor:		

Modulo de Young

Responda la pregunta indicada por el profesor.

Universidad Católica San Pablo	Apellidos y nombres:		
	Grupo:	Día: / /	Hora:
	Profesor:		

Reporte de Laboratorio
Modulo de Young

D. Materiales, equipo y esquema

- Una balanza digital
- Un portamasas de 10 g
- Varias masas de 10 y 20 g
- Un vernier
- Una cinta métrica
- Una regla metálica de 30 cm
- Una regla metálica de 60 cm
- Dos soportes
- Una varilla de 30 cm
- Tres mordazas universales

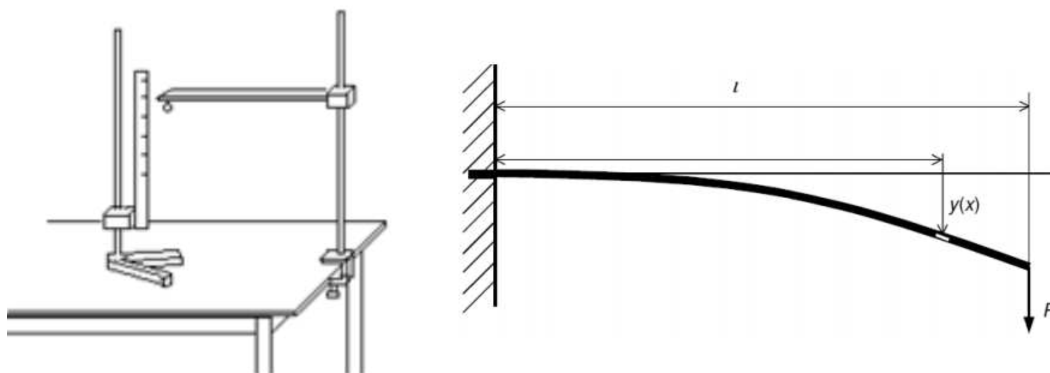


Figura 1.2. Procedimiento experimental para calcular el módulo de Young de una varilla metálica.

E. Procedimiento experimental y toma de datos

1. Coloque el equipo adecuadamente en la mesa de trabajo, según el esquema mostrado en la figura 1.2.

2. Antes de comenzar la experiencia, complete los datos de la tabla 1.1.

Tabla 1.1: Medidas iniciales y reconocimiento de incertidumbre.

Masa de la barra (M)	$M =$ (........ ± ....) .....
Longitud total de la barra (L)	$L =$ (........ ± ....) .....
Ancho de la barra (a)	$a =$ (........ ± ....) .....
Espesor de la barra (h)	$h =$ (........ ± ....) .....
Longitud sobre la barra (l)	$l =$ (........ ± ....) .....

3. Mida la deflexión en el extremo $y(x = l)$, utilizando la escala vertical, para distintos valores de masa m, partiendo de $m = 0$ y agregando masas adicionales de 30,0 g para cada lectura. Mida seis veces y complete la tabla 1.2.

Tabla 1.2: ....

N°	m ( )	$y(x=l)$ ( )
1		
2		
3		
4		
5		
6		

F. Análisis de datos

1. Utilizando los datos de la tabla 1.1, calcule la densidad lineal de la barra $\lambda = \frac{M}{L}$ con su incertidumbre.

Cálculo de la densidad lineal de la barra λ en unidades del SI.

$$\lambda = \big(\ldots\ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots\big) \ldots\ldots$$

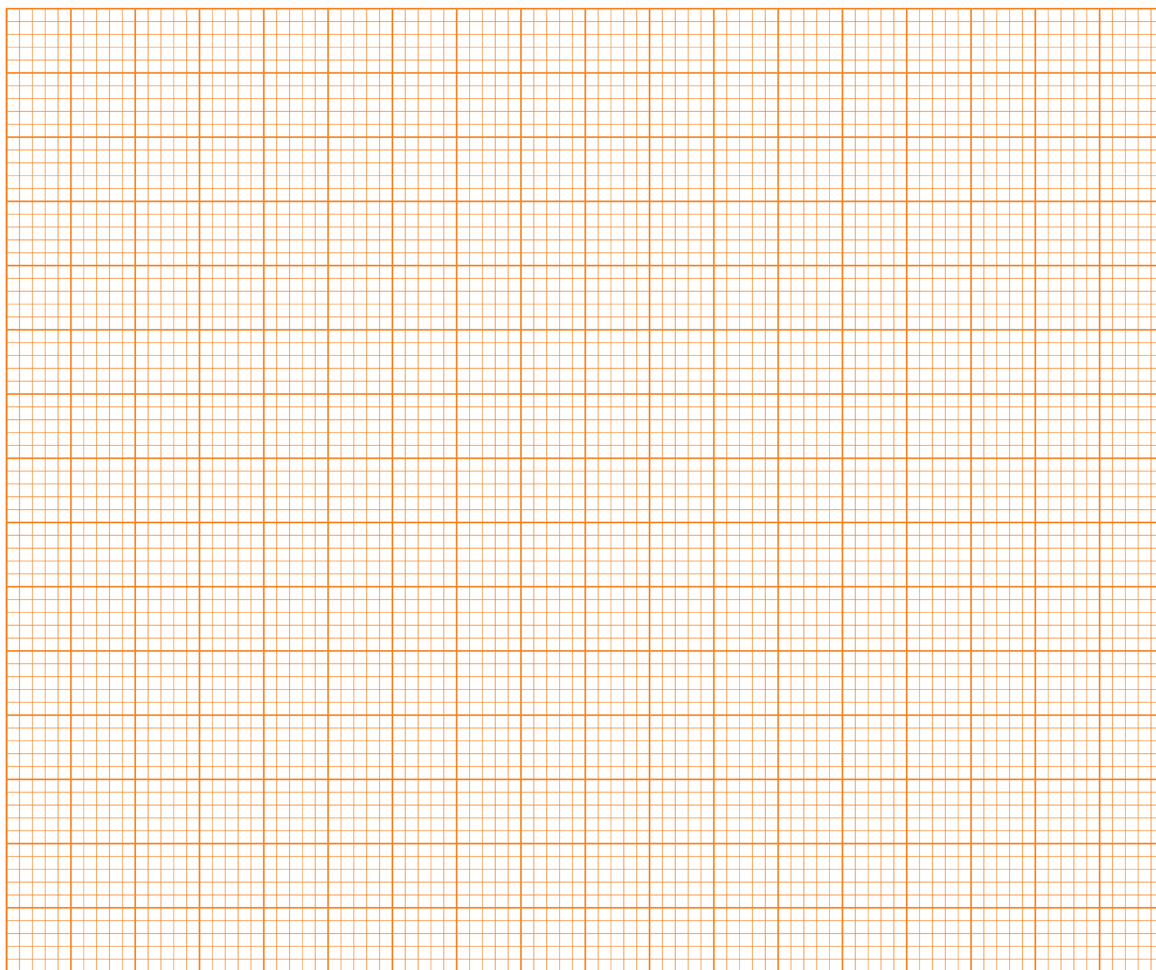
2. Utilizando los datos de la tabla 1.1, calcule el momento de inercia de la barra $I = \frac{1}{12}ah^3$ con su incertidumbre.

Cálculo del momento de inercia de la barra I en unidades del SI.

$$I = \big(\ldots\ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots\big) \ldots\ldots$$

3. Realice un gráfico, Gráfico 1, de la deflexión de la barra, $y(l)$, en función de la masa suspendida m.

   ....



   ....

   ....

4. Usando el método de regresión lineal, halle el intercepto A y la pendiente B con sus unidades correspondientes.

$$A = \ldots\ldots\ldots\ldots \ldots$$
$$B = \ldots\ldots\ldots\ldots \ldots$$

G. Comparación y evaluación

1. ¿Cuál es el significado físico de la pendiente del Gráfico 1, ¿Cómo llega a esa conclusión? Explique.

   ....

   ....

2. Determine el valor experimental del módulo de Young y compárelo con el valor bibliográfico del acero fundido $Y = 17 \times 10^{10}$.

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

3. El coeficiente de elasticidad α longitudinal del acero está definido como $Y = \frac{1}{\alpha}$ ¿Cómo interpretarías esta constante α? ¿Se puede obtener características físicas y propiedades mecánicas del material a partir del Gráfico 1?

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

H. Conclusiones

1. Tomando en cuenta los objetivos, la toma de datos experimentales, los resultados, el gráfico y las comparaciones hechas en este experimento, escriba sus conclusiones.

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

I. Cuestionario final

La resolución del cuestionario final debe ser materia de discusión del grupo de laboratorio. El docente **NO DEBE** resolver estas preguntas.

1. ¿Qué características y propiedades físicas son determinadas por el módulo de Young?
2. ¿De qué parámetros físicos depende la flexión en una barra?
3. ¿Si en el mismo experimento usamos una regla de mayor área transversal, del mismo material, el módulo de elasticidad cambiaría? Explique.

LABORATORIO DE FISICA II
PRÁCTICA N° 2: PRESIÓN HIDROSTÁTICA

I. OBJETIVO

Determinar la densidad del líquido utilizando los conceptos de presión hidrostática.

II. FUNDAMENTOS TEORICOS

La presión P en un fluido estático se define como:

$$P = F/A \qquad (1)$$

Siendo F la fuerza ejercida sobre una superficie de área A, y es perpendicular a dicha superficie. La unidad de la presión es N/m^2, que recibe el nombre de Pascal (Pa)

La presión en un fluido varía con la profundidad. La presión a una profundidad h, debido al peso del fluido es:

$$P = \rho g h \qquad (2)$$

Donde ρ es la densidad del líquido ($\rho = m/V$) y g es la aceleración de la gravedad. La presión es la misma en cualquier punto del fluido a la misma profundidad h.

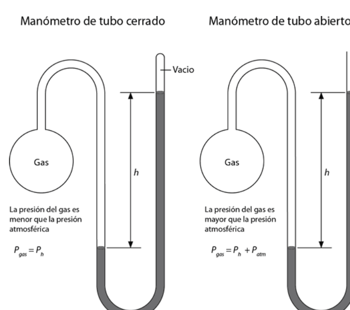
Tomando en cuenta la presión aplicada a la superficie abierta del líquido, la presión a una profundidad h es:

$$P = P_0 + \rho g h \qquad (3)$$

Donde P_0 es la presión atmosférica.

Para medir la presión P se han ideado muchos dispositivos. Uno de ellos es el manómetro de tubo abierto mostrado en la figura. La presión que se mide está relacionada con los dos niveles de altura del líquido mediante la ecuación *(3)*.

La diferencia de presión es $P - P_0$ se denomina presión manométrica y la presión P es la presión absoluta.



III. MATERIALES

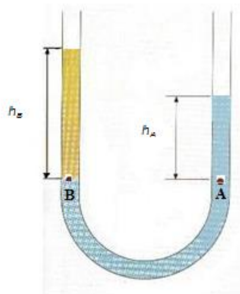
- 1 Tubo de vidrio en forma de U
- 2 reglas metálicas de 30 *cm*
- 1 Tablero de Madera
- Líquido no miscible (Aceite)
- 2 goteros



Fig (1)

I. CUESTIONARIO PREVIO (Responda las siguientes preguntas y entregue a inicio de la sesión de laboratorio)

1. ¿Por qué la presión no es un vector? Explique y mencione 3 ejemplos
2. ¿Qué características tiene la presión hidrostática?
3. Explica las siguientes características de los líquidos
   a) Viscosidad:
   b) Tensión superficial:
   c) Cohesion:
   d) Capilaridad:
4. ¿Cómo se mide correctamente el nivel de un líquido tomando en cuenta el menisco formado?
5. En el siguiente diagrama. ¿Qué relación existe entre los líquidos miscibles? Sabiendo que las presión en el punto A es igual a la presión en el punto B.



6. Un globo de aire caliente se llena con aire calentado por un quemador en la base. ¿Por qué debe calentarse el aire? ¿Cómo se controla el ascenso y el descenso?.
7. Ya que la presión atmosférica es aproximadamente 10^5 N/m^2 y el área del pecho de una persona es aproximadamente de 0,13 m^2, la fuerza de la atmósfera sobre el pecho de uno es de casi 13 000 N. En vista de esta enorme fuerza, ¿por qué no colapsa el cuerpo?
8. ¿Una embarcación flota más alto en el agua de un lago tierra adentro o en el océano? ¿Por qué?

II. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Armar el equipo como se muestra en la figura 1.
2. Utilizando el gotero, introducir agua por uno de los tubos de vidrio, de tal manera que el nivel de agua a través de los dos tubos sean iguales. (marcar la referencia como cero)
3. Introducir por el otro tubo de vidrio un líquido no miscible (aceite) en diferentes proporciones y medir las alturas desplazadas para los dos líquidos.
4. Completar la tabla 1. De las alturas desplazadas para los dos líquidos.

Tabla 1: ……………………………………………………………………….

LECTURA	h_{aceite} (…….±……..) cm	h_{agua} (…….±……..) cm
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

EXPERIMENTO N°:	FECHA:	NOTA:
ALUMNO:		
CODIGO:	SEMESTRE:	FIRMA:
DIA:	HORA:	GRUPO:

INFORME: PRESIÓN HIDROSTÁTICA

I. ANÁLISIS DE DATOS

IMPORTANTE

COMPLETAR LA TABLA 2 EN EL SISTEMA INTERNACIONAL (SI)

1.1 GRÁFICA

1. Con los datos de la *tabla 2*. Graficar la altura h_{agua} en función a h_{aceite}. Usando papel milimetrado.

Tabla 2: ………………………………………………………………………….

LECTURA	h_{aceite} (…….±……..) m	h_{agua} (…….±……..) m
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

2. Calcular el valor de la pendiente. ¿Qué significado físico tiene la pendiente?

3. A partir de la gráfica. Calcular la densidad del aceite.

II. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

1. Compare el valor de la densidad del líquido obtenido en el experimento con el valor bibliográfico.

III. CONCLUSIONES. Escriba por lo menos tres conclusiones a las que ha llegado.

IV. CUESTIONARIO FINAL

1. ¿Cómo cambiaría el experimento si en lugar de usar aceite, se usaría un líquido más denso que el agua?
2. ¿En que afectaría si el extremo superior del tubo de vidrio hubiera estado cerrado?
3. ¿Cambiarían los resultados si se realizaría el experimento en la Luna? Justifique.
4. Los tres recipientes en la figura están llenos con agua hasta la misma altura y tienen la misma área superficial en la base; por lo tanto, la presión del agua y la fuerza total en la base de cada uno es la misma. Sin embargo, el peso total del agua es diferente en cada uno. Explique esta “paradoja hidrostática”.



Práctica 3

Fuerza de empuje

A. Objetivos

- Determinar la fuerza de empuje que experimenta un objeto sólido sumergido en agua.
- Determinar el peso específico del agua usando el principio de Arquímides.

B. Fundamentos teóricos

Cuando se sumerge un objeto en un líquido parece que pesa menos. Este efecto lo podemos sentir cuando nos sumergimos en una piscina o cuando sujetamos algún objeto por debajo del agua, teniendo la sensación de que pesa menos. Esta reducción de peso puede ser explicada debido a que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza de flotación de abajo hacia arriba.

B.1. Fuerza de flotación

La figura 8.1a muestra un *cubo de agua* dentro de un volumen mayor de agua. El peso del *cubo de agua* es soportado por la fuerza que resulta de la diferencia de presión entre las superficies superior e inferior del cubo según:

$$F_2 - F_1 - mg = 0 \tag{8.1}$$

Diferencia que podemos reescribir como:

$$F_2 - F_1 = mg = F_B \tag{8.2}$$

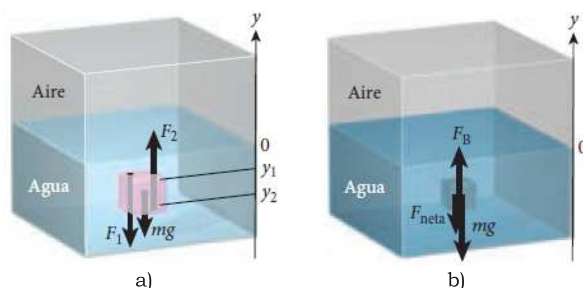


Figura 8.1. (a) Cubo de agua en un tanque de agua. (b) El peso de un cubo de acero sumergido en el agua es mayor que la fuerza de flotación que actúa sobre el cubo.

donde F_B se define como la *fuerza de flotación* que actúa sobre el *cubo de agua*. Para el caso del *cubo de agua*, la fuerza de flotación es igual al peso del agua. En general, la fuerza de flotación que actúa sobre el objeto sumergido está dada por el peso del fluido desplazado,

$$F_B = m_{\mathrm{f}} g \tag{8.3}$$

Ahora, si reemplazamos el *cubo de agua* por un *cubo de acero* del mismo volumen, figura 8.1b, debido a que ambos se encuentran a la misma profundidad, la fuerza de flotación es la misma. Sin embargo, el *cubo de acero* tiene mayor peso que el *cubo de agua*, así que una fuerza neta actúa sobre el cubo de acero en la componente y, dada por:

$$F_{\text{neta}} = F_B - m_{\text{a}}g < 0 \tag{8.4}$$

Esta fuerza neta descendente hace que el *cubo de acero* se hunda. Si el *cubo de agua* se reemplaza por un *cubo de madera*, el peso del *cubo de madera* es menor al del *cubo de agua*, así que la fuerza neta será ascendente. El *cubo de madera* subirá hacia la superficie. Si un objeto que es menos denso que el agua se coloca en el agua, flotará. Un objeto de masa m_{objeto} se hundirá en el agua hasta que el peso del agua desplazada iguale el peso del objeto:

$$F_B = m_{\text{f}}g = m_{\text{objeto}}g \tag{8.5}$$

Un cuerpo en flotación desplaza su propio peso de fluido. Esta afirmación es cierta, independientemente de la cantidad de fluido presente. Para aclarar esta afirmación consideremos un barco en un dique. En la figura 8.2a se muestra al barco en una posición baja y en la figura 8.2b en una posición alta. En ambas posiciones, el barco flota, con la misma fracción del barco bajo el nivel del agua. Lo que importa para la fuerza de flotación no es la cantidad total de agua en el dique, sino la cantidad de agua desplazada por la porción del barco sumergida bajo el agua. Claramente, en la figura 8.2a, queda mucha menos agua en el dique que el volumen que ha sido desplazado por el barco. Lo único que importa es el peso del agua que estaría donde el barco está, no el peso del agua que queda todavía en el dique. De hecho, con un recipiente de la forma adecuada, incluso un solo galón de agua sería *suficiente para hacer flotar a un buque de guerra.*

Si un objeto que tiene una densidad mayor que la del agua se coloca bajo el agua, experimentará una fuerza de flotación ascendente que es menor a su peso. Entonces, su peso aparente está dado:

$$\text{Peso real - Fuerza de flotación} = \text{Peso aparente}$$



Figura 8.2. Un barco en un dique: a) posición inferior; b) posición superior.

Cuenta la historia que el rey Hierón II de Siracusa ordenó hacer una nueva corona y dio al orfebre una cantidad exacta de oro para crear la corona. Cuando se terminó la corona, tenía el peso correcto, pero Hierón sospechó que el orfebre había usado un poco de plata en la corona para reemplazar al oro. Hierón no podía probar esto y acudió a Arquímedes (287-212 a.C.) de Siracusa en busca de ayuda. De acuerdo con la leyenda, la respuesta se le ocurrió a Arquímedes cuando estaba a punto de darse un baño y notó que el nivel del agua subía y su peso aparente disminuía dentro de la bañera. Entonces, corrió desnudo por las calles de Siracusa hasta el palacio, gritando ¡Eureka! (en griego: ¡Lo he encontrado!). Usando este descubrimiento, Arquímedes demostró el cambio de metales y probó el robo cometido por el orfebre.

C. Cuestionario previo

<table>
<tr><td rowspan="3">Universidad Católica San Pablo</td><td colspan="3">Apellidos y nombres:</td></tr>
<tr><td>Grupo:</td><td>Día: / /</td><td>Hora:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Profesor:</td><td>Llave N°:</td></tr>
</table>

Fuerza de empuje

1. ¿Por qué algunos objetos sólidos flotan y otros no en un líquido?

2. Enuncie el principio de Arquímedes y enumere tres aplicaciones.

3. ¿A qué se denomina peso específico? Enumere el peso específico de cuatro metales y cuatro líquidos.

4. ¿Cuál es la diferencia entre densidad y viscosidad?

5. ¿Cómo cambiaría el principio de Arquímides si la densidad del fluido no es constante y cambia según la profundidad?

Universidad Católica San Pablo	Apellidos y nombres:		
	Grupo:	Día: / /	Hora:
	Profesor:		Llave N°:

Reporte de Laboratorio
Fuerza de empuje

D. Materiales, equipo y esquema

- Dos varillas, de 25 y 50 cm
- Una mordaza universal
- Un soporte
- Un dinamómetro
- Cinco bloques pequeños
- Un vaso de plástico
- Un vernier
- Una franela

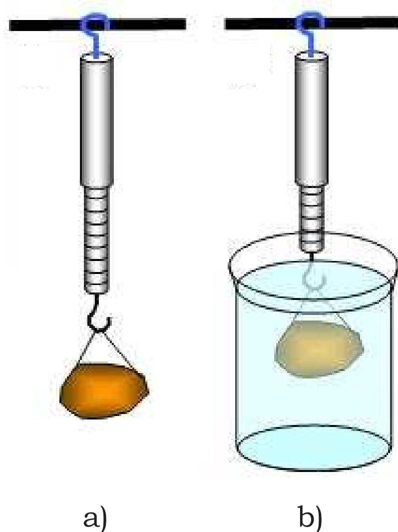


Figura 8.3. Procedimiento experimental para calcular la fuerza de empuje.

E. Procedimiento experimental y toma de datos

1. Identifique la incertidumbre de los instrumentos de medida y complete la tabla 8.1.

Tabla 8.1: Reconocimiento de incertidumbre.

Precisión del Vernier	± ....
Precisión del Dinamometro	± ....

2. Con la ayuda de un vernier mida las dimensiones de cada bloque sólido y registre sus resultados en la tabla 8.2.

3. Calibre el dinamómetro antes de la medición, seguidamente mida el peso de cada bloque tanto en aire, P_A, como sumergido en el líquido, P_L. Complete la tabla 8.2.

Tabla 8.2: ....

N°	DIMENSIÓN 1 (±........ mm)	DIMENSIÓN 2 (±........ mm)	DIMENSIÓN 3 (±........ mm)	P_A (±........ N)	P_L (±.......... N)
1					
2					
3					
4					
5					

F. Análisis de datos

1. Utilizando los datos de la tabla 8.2, calcule el volumen de cada sólido, V_d, y la fuerza de empuje $F_e = P_A - P_L$. Complete la tabla 8.3.

Tabla 8.3: ....

N°	V_d (m^3)	F_e (N)
1		
2		
3		
4		
5		

2. Realice un gráfico, Gráfico 1, de la fuerza de empuje, F_e, en función del volumen desplazado V_d.
3. Usando el método de regresión lineal, halle el intercepto A y la pendiente B con sus unidades correspondientes.

$A =$ ....

$B =$ ....

G. Comparación y evaluación

1. ¿Cuál es el significado físico de la pendiente del Gráfico 1, F_e vs V_d? ¿Cómo llega a esa conclusión? Explique.

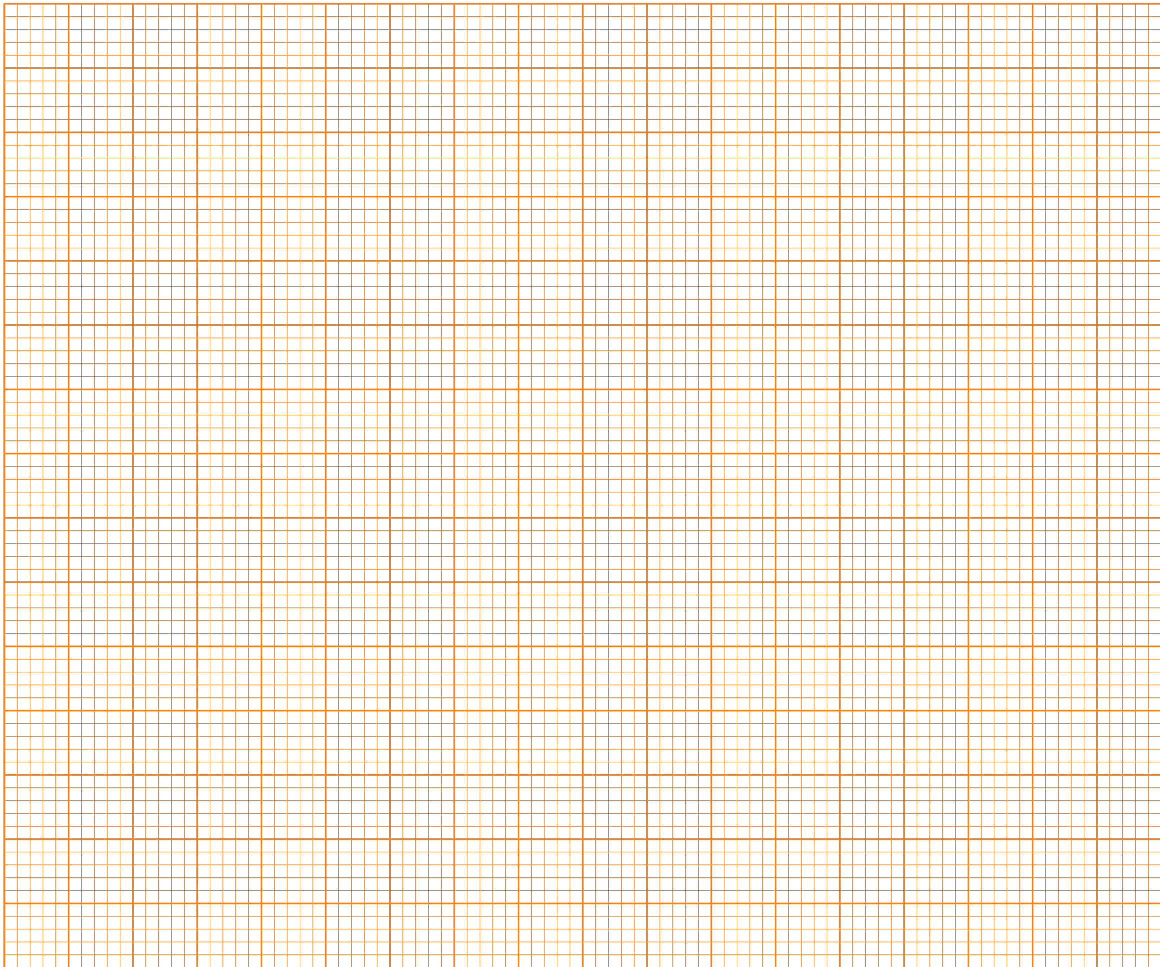
....

....

2. Determine el valor experimental del peso específico del líquido utilizado y compárelo con el valor bibliográfico.

....

....



. . . .

. . . .

. . . .

H. Conclusiones

1. Tomando en cuenta los objetivos, la toma de datos experimentales, los resultados, el gráfico y las comparaciones hechas en este experimento, escriba sus conclusiones.

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

I. Cuestionario final

⚠ La resolución del cuestionario final debe ser materia de discusión del grupo de laboratorio. El docente **NO DEBE** resolver estas preguntas.

1. ¿Por qué un globo aerostático flota en el aire? Escriba y realice esquemas o figuras para explicar su respuesta.

   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....

2. Investigue: a) ¿Cuál es la profundidad máxima que un ser humano puede descender bajo el agua? b) ¿Y un submarino?

   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....

3. Explique el método que utilizan los submarinos para descender bajo el mar.

   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....

Práctica 4

Movimiento pendular

A. Objetivos

- Estudiar las características del movimiento pendular.
- Calcular la aceleración de la gravedad a partir del periodo de un péndulo.

B. Fundamentos teóricos

Todo cuerpo suspendido por un punto que puede oscilar alrededor de un eje que pase por él, y que no contenga al centro de gravedad, es un péndulo.
Un péndulo simple consiste de una cuerda de longitud L y una lenteja de masa m. Cuando la lenteja se deja en libertad desde un ángulo inicial θ con la vertical, oscila a un lado y a otro con un periodo T (Figura 12.1).

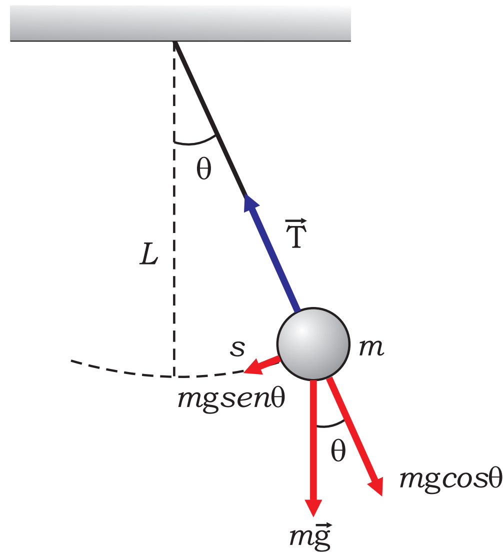


Figura 11.1. La fuerza restauradora $-mgsen\theta$ es la componente de la fuerza gravitacional tangente al arco. Cuando θ es pequeño, un péndulo oscila en movimiento armónico simple en torno a la posición de equilibrio $\theta = 0$.

Las fuerzas que actúan sobre la lenteja son su peso, $m\vec{g}$ y la tensión de la cuerda $\vec{T}$. Para la componente tangencial, la segunda ley de Newton nos da:

$$-mg\sin\theta = m\frac{d^2s}{dt^2} \tag{11.1}$$

donde la longitud de arco s está relacionada con el radio y el ángulo a partir de $s = L\theta$.
Observe que la masa no participa en la ecuación, lo que indica que el movimiento de un péndulo no depende de la masa del objeto suspendido.

Para ángulos pequeños, el movimiento pendular puede aproximarse a un movimiento armónico simple y el periodo de la oscilación estará dado por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \tag{11.2}$$

donde L es la longitud del hilo y g es la aceleración de la gravedad.

C. Cuestionario previo

Universidad Católica San Pablo	Apellidos y nombres:		
	Grupo:	Día: / /	Hora:
	Profesor:		Llave N°:

Movimiento pendular

1. ¿Cómo sabemos que un objeto realiza un movimiento armónico simple?

2. ¿El movimiento de un péndulo es un movimiento armónico simple? Explique.

3. Deduzca la ecuación (11.2) para calcular el periodo de un péndulo.

4. Investigue y describa tres tipos de movimiento pendular y sus respectivas aplicaciones.

   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....

	Apellidos y nombres:		
Universidad Católica San Pablo	Grupo:	Día: / /	Hora:
	Profesor:		Llave N°:

Reporte de Laboratorio
Movimiento pendular

D. Materiales, equipo y esquema

- Un soporte universal
- Una pinza de sujeción
- Un transportador
- Pabilo de diferentes longitudes (10-50 cm)
- Una esferita
- Un cronometro

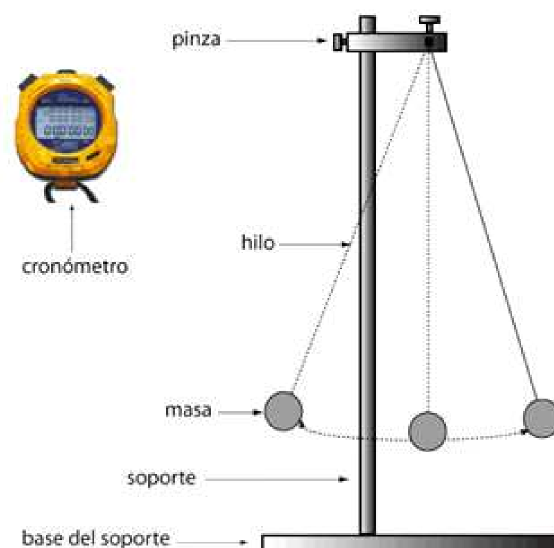


Figura 11.2. Montaje del equipo para el experimento de movimiento pendular.

E. Procedimiento experimental y toma de datos

E.1. Dependencia del periodo con el ángulo de inclinación

1. Usando el soporte universal, la pinza de sujeción, la esferita y el hilo de 20 cm, arme el equipo como se muestra en la figura 11.2.
2. Antes de comenzar la experiencia complete los datos de la tabla 11.1.

Tabla 11.1: Medidas iniciales y reconocimiento de incertidumbre.

Precisión de cinta métrica	$\pm$ ....
Masa de la esferita (m)	$m = ($ .... $\pm$ .... $)$ .....
Longitud inicial de la cuerda (L_o)	$L_o = ($ .... $\pm$ .... $)$ .....
Aceleración de la gravedad	$9,8$ m/s^2

3. Deje que el péndulo oscile a un ángulo inicial de 10 grados.
4. Mida el tiempo de 5 oscilaciones completas.
5. Repita el paso 3 para diferentes ángulos. Complete la tabla 11.2.

Tabla 11.2: ....

N°	Ángulo θ (°)	t ( )	T ( )
1			
2			
3			
4			
5			

E.2. Dependencia del periodo con la longitud

1. Fije el ángulo a 10 grados y repita el paso 3 para diferentes longitudes del hilo. Complete la tabla 11.3.

Tabla 11.3: ....

N°	L ( )	t ( )	T ( )	T^2 ( )
1				
2				
3				
4				
5				

F. Análisis de datos

1. Calcule el periodo T en la tabla 11.2, recuerde que $T = \frac{t}{5}$.
2. Con los datos de la última columna de la tabla 11.2, calcule el promedio del periodo, $\overline{T}$ con su respectiva incertidumbre.

$$\overline{T} = (\;........\;\pm\;........\;)\;.....$$

3. ¿Existe alguna relación entre el ángulo de inclinación y el periodo de oscilación?

....

....

....

4. Utilizando la ecuación 11.2, obtenga el valor de la aceleración de la gravedad experimental, g_{exp_1}, con su respectiva incertidumbre.

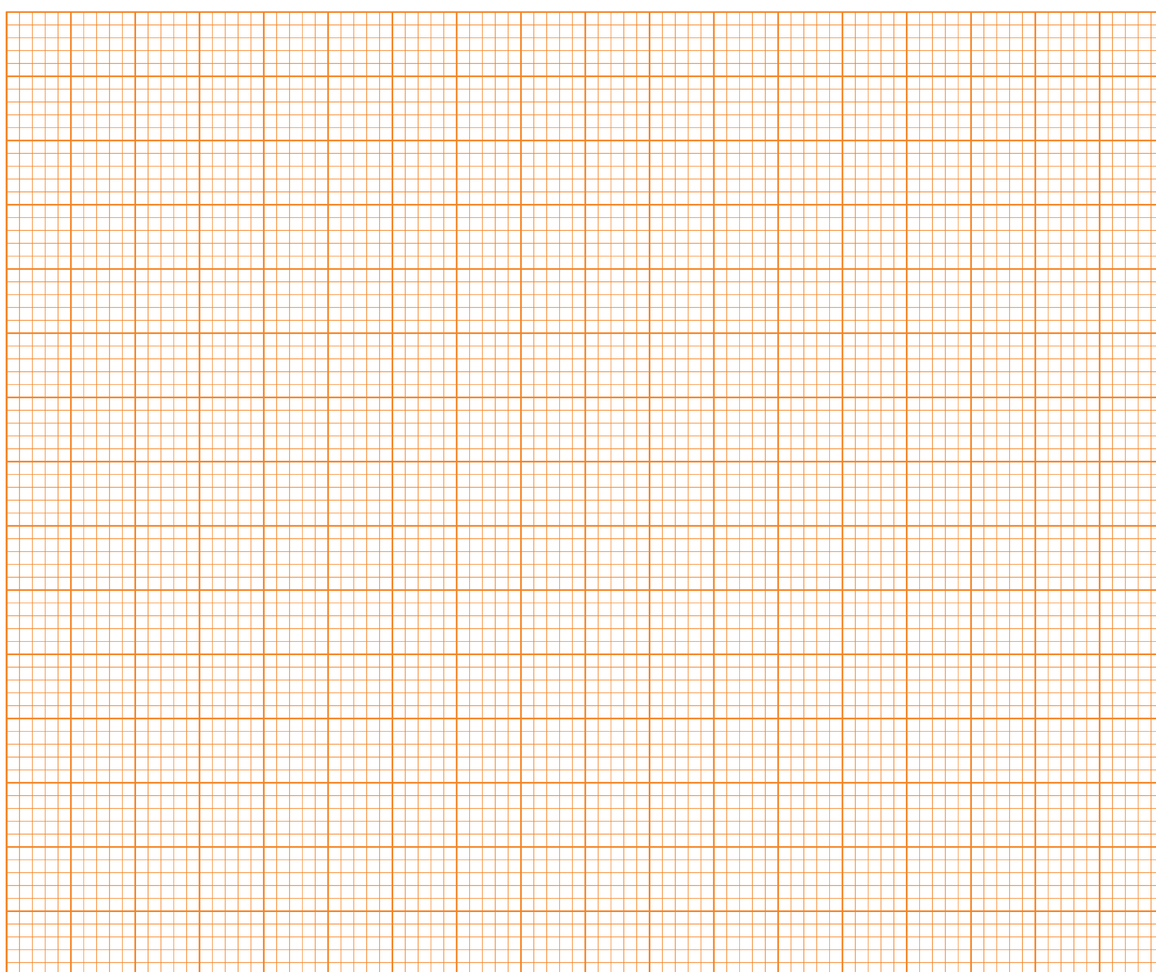
   ....

   ....

$$g_{exp_1} = (\,........ \pm ....\,)\;..... \tag{11.3}$$

5. Usando los datos de la tabla 11.3 calcule el periodo, T, y el periodo al cuadrado, T^2.

6. A partir de la tabla 11.3, elabore un gráfico, Gráfico 1, del periodo al cuadrado, T^2 en función de la longitud L.



7. ¿Qué relación existe entre las variables graficadas? Comente sus resultados.

   ....

   ....

   ....

8. Calcule el intercepto A y la pendiente B del Gráfico 1, y a partir de estos resultados obtenga la aceleración de la gravedad usando $g = \frac{4\pi^2}{B}$, donde B es la pendiente.

$$A = \ldots\ldots\ldots\ldots\ \ldots.$$
$$B = \ldots\ldots\ldots\ldots\ \ldots.$$

9. Determine la aceleración de la gravedad experimental g_{exp_2}.

$$g_{exp_2} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ \ldots.$$

G. Comparación y evaluación

1. Compare los valores obtenidos para la aceleración de la gravedad con el valor bibliográfico (g $= 9,8$ m/s^2). Utilice región de incertidumbre y porcentaje de error.

....

....

....

....

....

....

....

H. Conclusiones

1. Tomando en cuenta los objetivos, la toma de datos experimentales, el análisis del gráfico, los resultados y las comparaciones en el experimento, escriba por lo menos tres conclusiones.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

I. Cuestionario final

1. ¿Podríamos calcular la aceleración de la gravedad utilizando algún otro tipo de péndulo?

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

2. ¿Qué factores deben ser considerados para obtener un valor más preciso de la aceleración de la gravedad?

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

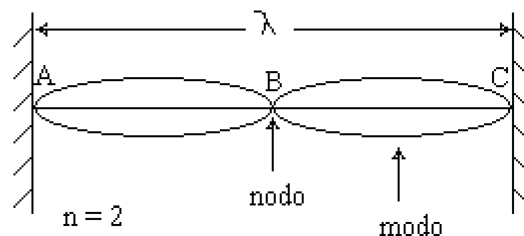
LABORATORIO DE FISICA II
PRÁCTICA N° 5: ONDAS ESTACIONARIAS

I. OBJETIVOS

- *Analizar experimentalmente una onda estacionaria.*
- *Determinar la frecuencia de una onda estacionaria.*

II. FUNDAMENTOS TEORICOS

Cuando dos ondas de igual amplitud, longitud de onda y velocidad avanzan en sentido opuesto a través de un medio se forman ondas estacionar, ambas ondas viajan con la misma frecuencia. Por ejemplo: Si un extremo de una cuerda se mantiene fija y el otro extremo atado a un vibrador, tal que su dirección de vibración es perpendicular a la propagación de la onda se producirán ondas elásticas las que viajaran a lo largo de la cuerda con una velocidad v, según la ecuación:



$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \lambda_n f_n \qquad (1)$$

En los extremos fijos las ondas serán reflejadas, si la tensión y la longitud son ajustadas convenientemente se formaran ondas estacionarias. La suma de ambas ondas no da un movimiento ondulatorio.

Los puntos que no vibran se llaman nodos y los que vibran con amplitud máxima se llaman vientres o modos.
La cuerda tiene un número de patrones naturales de vibración denominados modos normales, cada uno de estos tiene una frecuencia característica

$$f_n = \frac{n}{2l}\sqrt{\frac{T}{\mu}} \qquad (2)$$

Dónde: n: número de modos
l: Longitud de la cuerda
T: Tensión
μ: Densidad lineal donde μ se define como: μ = M/L

III. MATERIALES

1 generador de señales
1 motor de paso
1 dado para suspender cuerda
1 soporte (dos bases una varilla)
2 varillas de 50 cm
1 dado de doble
1 cinta métrica
2 cables de conexión
1 hilo delgado de 1,0 m



Fig (1)

I. CUESTIONARIO PREVIO (Responda las siguientes preguntas y entregue a inicio de la sesión de laboratorio)

1. ¿Por qué se denomina ondas estacionarias? Mencione 3 ejemplos de este tipo de ondas.
2. Cuando una cuerda existe una onda estacionaria, las vibraciones de las ondas incidente y reflejada se cancelan en los nodos. ¿Esto significa que la energía se destruyó? Explique.
3. ¿La velocidad de una partícula en la cuerda es igual a la velocidad de la onda? Explique
4. Demuestre las ecuaciones 1 y 2 de la teoría.

II. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Arme y conecte el equipo como se muestra en la figura 1.
2. Fije el voltaje en el generador de señales en 2,0 V. Tenga cuidado de mantener constante este voltaje en toda la experiencia.
3. Seleccione el factor multiplicativo x10 en el generador de señales y mantengalo fijo.
4. Suspenda la cuerda del soporte superior y tenselo ligeramente al motor de paso colocado en la parte inferior. Trate de que la longitud de la cuerda sea 78,0 cm.
5. Obtenga el numero n de vientres en la cuerda, graduando la frecuencia en el generador de señales. Anote sus resultados en la tabla 1.

Tabla 1: ....

Lectura	*n* ( )	*f* ( )
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

6. Con la ayuda de una regla o cinta métrica mida la longitud de los vientres y obtenga la longitud de onda para cada frecuencia.

EXPERIMENTO N°:	FECHA:	NOTA:
ALUMNO:		
CODIGO:	SEMESTRE:	FIRMA:
DIA:	HORA:	GRUPO:

INFORME: ONDAS ESTACIONARIAS

I. ANÁLISIS DE DATOS

1.1 ANÁLISIS

1. Con los datos de la tabla 1 y las medidas de la la longitud de un vientre en la cuerda, calcule la velocidad v de la propagación de la perturbación en la cuerda para cada frecuencia seleccionada. Registre sus resultados en la tabla 2.

Tabla 2: ....

Lectura	n ( )	f ( )	λ ( )	$v = \lambda f$ ( )
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

2. Calcule el valor promedio de la velocidad de propagación de la onda en la cuerda.

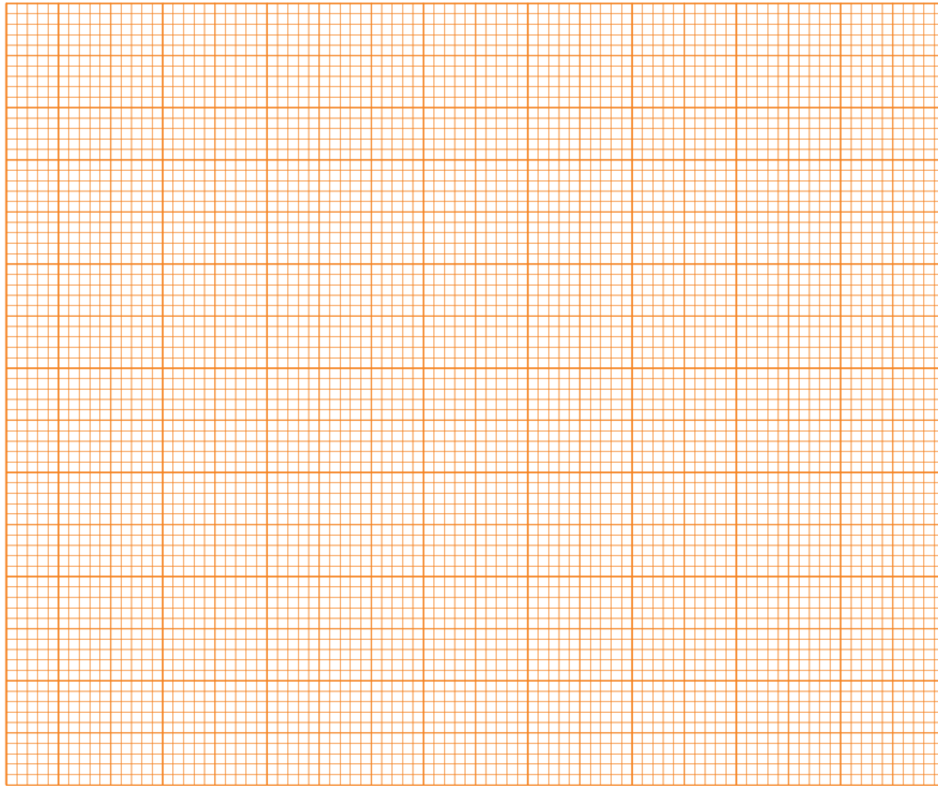
$$v_{teo} = (\qquad\qquad)..........$$

3. Grafique la frecuencia (f) en función del numero de vientres (n) . Determine la ecuación de la recta usando el método de regresión lineal y halle los parametros A y B.

4. ¿Cuál es el significado físico de los parametros A y B?

5. Calcule el valor de de la velocidad de propagación v_{exp}. haciendo uso de los parametros A y B.

$$v_{exp} = (\qquad\qquad)..........$$



II. RESULTADOS

1. Compare los valores de la velocidad de propagación ontenidas en el experimento

III. CONCLUSIONES. Escriba las conclusiones de la experiencia.

IV. CUESTIONARIO FINAL

1. ¿Qué sucede si se trabaja con una cuerda similar al que se usó en el experimento pero del doble de densidad lineal?
2. ¿Qué tipos de ondas se generan cuando ocurre un temblor o terremoto? Explique
3. Si se tiene un recipiente con agua y se deja caer un objeto pequeño comparado con el recipiente ¿Qué tipo de onda se genera?
4. ¿De qué depende la velocidad de propagación de una onda?
5. En algunos instrumentos musicales como la guitarra tiene enrollado un alambre, alrededor de ellas. ¿Cuál es su finalidad?

Práctica 9

Dilatación volumétrica del agua

A. Objetivo

- Observar la dilatación volumétrica del agua con el cambio de temperatura y determinar su coeficiente de expansión volumétrica.

B. Fundamentos teóricos

Los efectos más comunes que ocasionan las variaciones de temperatura en los cuerpos o sustancias, son los cambios de sus dimensiones y los cambios de fase. Se denomina *dilatación* al cambio de dimensiones que experimentan los sólidos, líquidos y gases cuando se varía la temperatura, permaneciendo la presión constante. La mayoría de los sistemas aumentan sus dimensiones cuando se aumenta la temperatura.

B.1. Dilatación en líquidos

Las sustancias u objetos que son sometidos a diferencias de temperatura sufren un cambio en su volumen que es proporcional a la diferencia de temperatura. Este aumento en el volumen se denomina expansión volumétrica, ΔV, la cual depende del cambio de temperatura ΔT, del volumen inicial del objeto, V_i y del coeficiente de expansión volumétrica, β. Todas estas variables pueden ser relacionadas en la siguiente ecuación:

$$\Delta V = V_i \beta \Delta T \tag{9.1}$$

Por lo general, los líquidos aumentan su volumen de forma proporcional con el aumento de la temperatura ya que tienen coeficientes de dilatación volumétrica en promedio diez veces mayor que la de los sólidos.
El agua fría es una excepción a esta regla. En la figura 9.1a se muestra la curva del volumen en función de temperatura. Cuando aumenta la temperatura de 0 ℃ a 4 ℃, el agua se contrae. En este intervalo, su coeficiente de expansión es negativo. Al seguir incrementando la temperatura por encima de 4 ℃, el agua se expande y el coeficiente de expansión es positivo. Por tanto, el agua tiene su densidad máxima a 4 ℃. El agua también se expande al congelarse, en cambio la mayoría de los materiales se contrae al congelarse.

B.2. Experimento de dilatación de un líquido

Cuando se calienta un líquido contenido en un recipiente de vidrio, como se muestra en la figura 9.2, observaremos que se dilata tanto el líquido como el recipiente. Si conocemos el volumen inicial, V_{i_l}, del líquido, el volumen final de un líquido V_{f_l} estará dado por:

$$V_{f_l} = V_{i_l}(1 + \beta_l \Delta T) \tag{9.2}$$

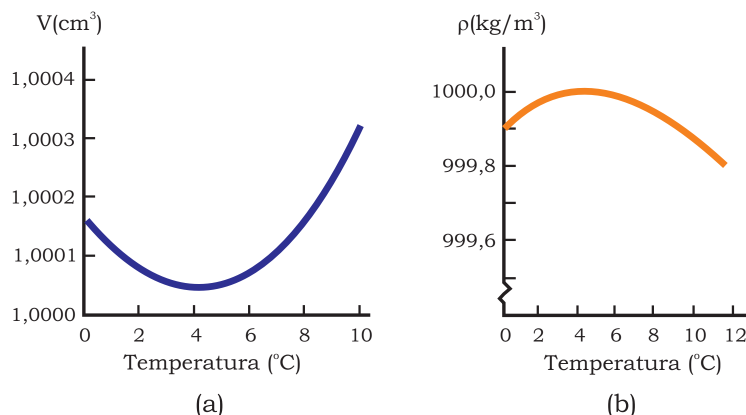


Figura 9.1. Variación del (a) volumen y la (b) densidad de 1 gramo de agua en el intervalo de 0 °C a 4 °C.

Como tanto el agua como el vidrio del recipiente están sometidos al mismo cambio de temperatura, el volumen final del vidrio, V_{f_v}, del recipiente estará dado por:

$$V_{f_v} = V_{i_v}(1 + \beta_v \Delta T) \tag{9.3}$$

En la columna del recipiente de dilatación, a partir del cero, el volumen que asciende por ella de acuerdo con (9.2) y (9.3), el cambio de volumen total del sistema estará dado por:

$$\Delta V = V_{i_l}(1 + \beta_l \Delta T) - V_{i_v}(1 + \beta_v \Delta T) \tag{9.4}$$

Como el volumen inicial del líquido, V_{i_l}, coincide con el volumen inicial del vidrio, V_{i_v}, a una temperatura inicial T_i, la ecuación anterior se simplifica en:

$$\Delta V = V_i(\beta_l - \beta_v)\Delta T \tag{9.5}$$

Donde V_i es el volumen inicial del líquido y del recipiente. Por lo tanto, si conocemos β_v, ΔT y ΔV, podemos conocer el coeficiente de dilatación volumétrica del líquido β_l.

Tabla 9.1: Tabla de coeficientes de dilatación a 20 °C.

Líquido	$\beta(\times 10^{-4}$ **°C)**
Alcohol	11,0
Benceno	12,4
Glicerina	5,1
Mercurio	1,8
Agua	2,1
Gasolina	9,5
Acetona	15,0
Aire (20 °C)	34,1
Aire (0 °C)	36,6
Otros	$\beta(\times 10^{-4}$ **°C)**
Vidrio común	0,27
Vidrio pirex	0,096

C. Cuestionario previo

Universidad Católica San Pablo	Apellidos y nombres:		
	Grupo:	Día: / /	Hora:
	Profesor:		Llave N°:

Dilatación volumétrica del agua

1. Explique la expansión térmica en sólidos, líquidos y gases.

   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....

2. ¿A qué se denomina coeficiente de expansión volumétrica de los líquidos?

   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....

3. ¿Qué es la dilatación aparente?

   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....

4. Explique el comportamiento anómalo del agua en torno a 4 ℃.

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

5. Investigue tres situaciones en Ingeniería donde es muy importante tomar en cuenta la dilatación volumétrica.

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

Universidad Católica San Pablo	Apellidos y nombres:		
	Grupo:	Día: / /	Hora:
	Profesor:		Llave N°:

Reporte de Laboratorio
Dilatación volumétrica del agua

D. Materiales, equipo y esquema

- Un matraz
- Un termómetro de mercurio
- Un tapón biforado
- Un tubo capilar
- Un vaso de 1000 ml
- Una cocina
- Un soporte universal
- Una mordaza
- Un gancho
- Una regla de 30 cm
- Una balanza digital
- Un vernier
- Una cinta adhesiva de papel
- Una franela



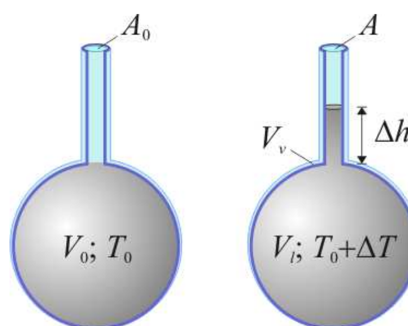


Figura 9.2. Procedimiento experimental para calcular el coeficiente de dilatación volumétrica del agua.

E. Procedimiento experimental y toma de datos

1. Con la ayuda de un vernier mida el diámetro interior, d, del tubo capilar y determine el área interior, A, de la sección transversal. Anote sus resultados en la tabla 9.2.

2. Con mucho cuidado coloque el tubo capilar y el termómetro a la misma profundidad en el tapón biforado.

3. Coloque el tapón biforado, con el termómetro y tubo capilar, en un matraz y mida la masa, M_0, del conjunto. Anote la medida en la tabla 9.2.

4. Retire momentáneamente el tapón biforado y llene el matraz con agua hasta el borde. Recoloque el tapón biforado y haga que el nivel del agua suba 5 cm en el tubo capilar.

    Tenga cuidado de no crear burbujas en el matraz al momento de recolocar el tapón bifirado.

Tabla 9.2: Medidas iniciales del experimento de expansión volumétrica del agua.

Diámetro interior del tubo capilar	$d =$ (........ ± ....) .....
Área interior del tubo capilar	$A =$ (........ ± ....) .....
Masa inicial del matraz (sin agua)	$M_i =$ (........ ± ....) .....
Masa final del matraz (con agua)	$M_f =$ (........ ± ....) .....
Temperatura inicial del agua	$T_i =$ (........ ± ....) .....

5. Mida nuevamente la masa total, M_f, de todo el conjunto y complete la tabla 9.2.
6. Mida la temperatura inicial del agua T_i.
7. Vierta 600 ml de agua al vaso de precipitados y llévelo sobre la cocina.
8. Con la ayuda de una pinza sujete el matraz y sumérjalo en el vaso de precipitados hasta que el agua cubra el matraz.
9. Con la ayuda de una cinta de papel, marque el nivel cero del agua en el tubo capilar, y a partir de ahí deje marcas a cada 1 cm.
10. Encienda la cocina, y con la ayuda de una lupa registre la temperatura, T_f, para cada nivel marcado en la cinta de papel y complete la tabla 9.3.

Tabla 9.3: ....

N°	Altura (±........ cm)	Temperatura (±........ °C)	$\Delta T = T_f - T_i$ (°C)	$\Delta V = V_f - V_i$ (m^3)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

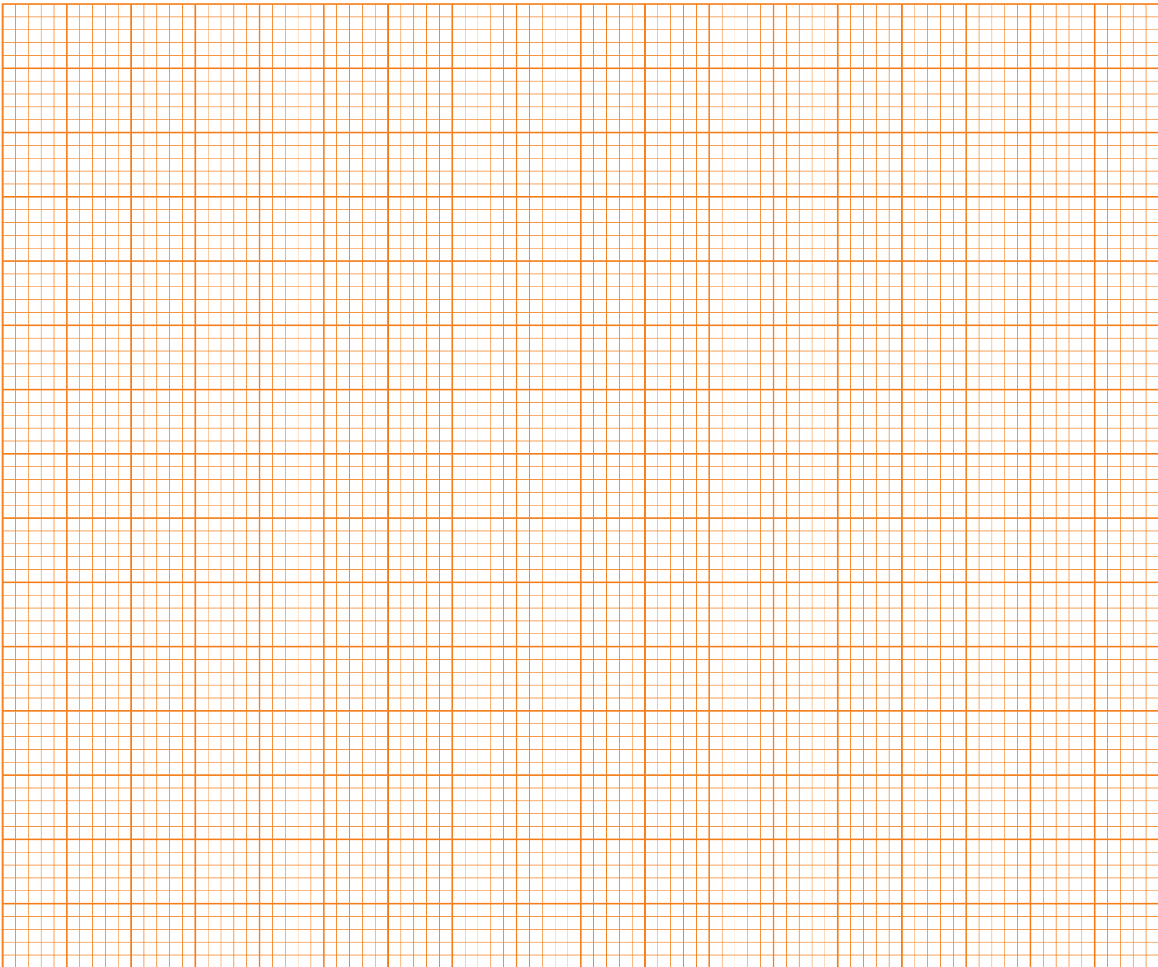
F. Análisis de datos

1. Determine el volumen inicial del agua, utilizando la densidad del agua $\rho_a = 1000$ kg/m^3.

   ....

   ....

2. Calcule el cambio del volumen, ΔV, utilizando los datos de la tabla 9.2 y la segunda columna de la tabla 9.3. Complete la tabla 9.3.
3. Realice un gráfico, Gráfico 1, del cambio de volumen, ΔV, en función del cambio de temperatura ΔT.



4. Usando el método de regresión lineal, halle el intercepto A y la pendiente B con sus unidades correspondientes.

$$A = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$B = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

G. Comparación y evaluación

1. ¿Cuál es el significado físico del intercepto y de la pendiente en gráfico de ΔV vs ΔT? ¿Cómo llega a esa conclusión? Explique.

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

2. Determine el valor experimental del coeficiente de dilatación volumétrica del agua y compárelo con el valor bibliográfico presentado en la tabla 9.1.

....

....

....

....

....

H. Conclusiones

1. Tomando en cuenta los objetivos, la toma de datos experimentales, los resultados, el gráfico y las comparaciones hechas en este experimento, escriba sus conclusiones.

....

....

....

....

....

....

....

I. Cuestionario final

1. ¿Cómo se verían afectados nuestros resultados si se forman burbujas de aire en el matraz y tubo capilar?

....

....

....

....

2. Considerando la variación volumétrica del matraz con la temperatura, recalcule el coeficiente de dilatación volumétrica del agua.

....

....

....

....

....

....

....

LABORATORIO DE FISICA II
PRACTICA N°7: Calorimetría

.

I. OBJETIVOS

- Determinar la capacidad calorífica de un calorímetro por el método de las mezclas.

II. FUNDAMENTOS TEORICOS

Cuando un cuerpo absorbe calor, el primer efecto que se observa es un aumento de su temperatura. Análogamente si cede calor, su temperatura disminuye. Si se ponen en contacto dos cuerpos que están a diferente temperatura, el más “caliente” (el que está a mayor temperatura) cederá calor al más “frío” (el que está a menor temperatura), hasta que ambos alcancen la misma temperatura o **temperatura de equilibrio**

. En este proceso, de acuerdo con el principio de conservación de la energía, el calor cedido por el cuerpo más caliente es igual al calor absorbido por el cuerpo más frío.

Cada sustancia presenta un comportamiento diferente frente al calor. Dichas diferencias de comportamiento se reflejan en una magnitud, característica de cada sustancia, denominada calor específico. El calor específico se define como la cantidad de calor que debe absorber 1 gramo de una sustancia para que su temperatura aumente 1 ºC. Así pues, si una masa m de una sustancia experimenta un cambio de temperatura ΔT, el calor ΔQ que ha absorbido o cedido dicha sustancia es:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \qquad (1)$$

Donde c representa el calor específico. Las unidades en que se mide habitualmente son cal/g . El calor específico del agua es 1cal/g .

La capacidad calorífica, se define como:

$$C = Q / \Delta T$$

EL MÉTODO DE LAS MEZCLAS

Se introduce en un sistema adiabático (calorímetro) una cantidad de agua de masa *M* a temperatura ambiente. Una vez alcanzado el equilibrio térmico, el calorímetro y el agua estarán a la misma temperatura T_0 , si en ese momento introducimos en el sistema una muestra a estudiar (agua), de masa *m* y calor específico c a una temperatura T_1 , el sistema constituido por el agua, el calorímetro y la muestra alcanzara un nuevo estado de equilibrio térmico a la temperatura T_2 .

Este proceso se realiza a presión constante (P atmosférica) y sin intercambio de calor con el exterior (sistema adiabático) por lo que $Q_{absorbido} = Q_{cedido}$ pudiendo plantear las siguientes ecuaciones:

$$Q_{absorbido\ por\ el\ agua} = Mc(T_2 - T_0)$$
$$Q_{absorbido\ por\ el\ calorimetro} = C(T_2 - T_0)$$
$$Q_{cedido\ por\ la\ muestra} = m\, c_s(T_1 - T_2)$$

Siendo:

M Masa del agua introducida en el calorímetro.
m Masa de la muestra.
C Capacidad calorífica del calorímetro.
c Calor especifico del agua c del agua 1cal/g .
T_0 Temperatura inicial del sistema agua-calorímetro.
T_1 Temperatura inicial de la muestra.
T_2 Temperatura final de equilibrio del sistema agua-calorímetro-muestra.

La ecuación global es:

$$Q_{absorbido\ por\ el\ agua} + Q_{absorbido\ por\ el\ calorimetro} = Q_{cedido\ por\ la\ muestra} \qquad (2)$$

III. MATERIALES

- 1 Termómetro digital.
- 1 balanza digital.
- 1 vaso de 400 ml.
- 1 Calorímetro.
- 1 Cocina eléctrica.
- 1 Vaso de plástico de 400 ml.
- 1 franela.

ESQUEMA

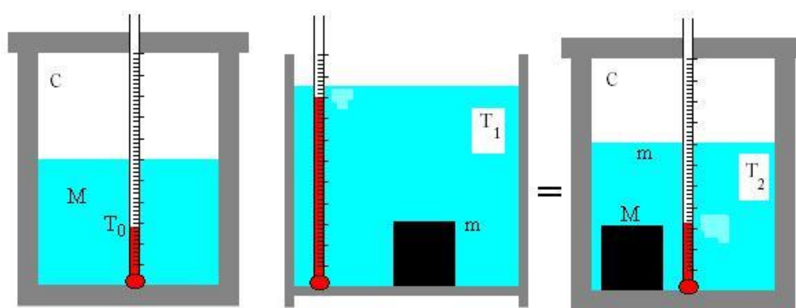


***Fig 1**: Método de Mezclas*

IV. CUESTIONARIO PREVIO

1. Defina calor y mencione las unidades en que se pueden expresar.

2. ¿Cómo se define el calor específico y Capacidad Calorífica? y ¿en qué unidades se puede expresar?

3. ¿Qué interpretación física tiene el Calor especifico? De tres ejemplos de diferentes materiales

4. De la ecuación (2) deducir la expresión para determinar el calor específico de la muestra.

5. Una sustancia con mayor calor especifico que otra requiere menos cantidad de calor para elevar 1°C su temperatura cuando sus masas son iguales. Explique y de dos ejemplos.

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Limpiar completamente el vaso del calorímetro
2. Colocar el calorímetro sobre la balanza digital, presionar el botón **tara** (asegúrese que marque cero).

Utilizando el vaso de plástico verter 250g de agua aproximadamente al calorímetro, registrar el valor de la medida en la tabla Nº1.

3. Medir la temperatura de equilibrio entre el agua y el calorímetro T_0 .
4. Verter en el vaso de vidrio 250ml. de agua y calentar el agua hasta que hierva y mantener el agua hirviendo por 2 minutos, registrar la temperatura antes de ingresar el agua al calorímetro T_1 en la tabla Nº1.
5. Medir la temperatura de equilibrio T_2 .
6. Deje seco y limpio todos los materiales utilizados.

EXPERIMENTO N°:	***FECHA:***	***NOTA:***
ALUMNO:		
DIA:	***HORA:***	***GRUPO:***

INFORME: CALORIMETRIA

I. <u>ANÁLISIS DE DATOS</u>

Tabla N°1:

	Masa (g)	**Temperatura inicial (±..........)**	**Temperatura final (±............)**
Calorímetro		T_0 =	T_2 =
Agua		T_0 =	T_2 =
Muestra (agua)		T_1 =	T_2 =

1. Con la ayuda de la tabla y de la ecuación (2), determinar la capacidad calorífica del calorímetro, con su Incertidumbre $C = \bar{C} \pm \delta C$

II. **CONCLUSIONES.** Escriba por lo menos tres conclusiones a las que ha llegado

III. CUESTIONARIO FINAL

1. ¿Por qué la temperatura del agua no era 100°C?

2. ¿Qué interpretación física tiene el valor de la capacidad Calorífica C del calorímetro?

3. Cite cinco ejemplos de aplicación industrial en los que se manifiesta el proceso de transferencia de calor. Explique

Práctica 8

Calor Latente de Fusión del Hielo

Autor: **Lic. Sandra Aynaya C.**

A. Objetivos

- Reconocer al calor como una forma de energía.
- Comprender y analizar el concepto de conservación de energía en procesos que involucran transferencia de calor.
- Determinar experimentalmente el calor latente de fusión del hielo.

B. Fundamentos Teóricos

A mediados del siglo XIX varios científicos aceptaron la idea de que el calor estaba relacionado con la transferencia de energía; entre ellos destaca el inglés, James Prescott Joule (1818-1889). En la figura 10.1 se muestra uno de los experimentos de Joule. El peso que cae provoca que la rueda de paletas gire. La fricción entre el agua y las paletas hace que la temperatura del agua se eleve ligeramente. A partir de éste y otros experimentos, Joule determinó que una cantidad dada de trabajo realizado siempre es equivalente a una cantidad de calor. Años siguientes se estableció que 4,186 joules (J) de trabajo son equivalentes a 1 caloría (cal) de calor. Esto se conoce como el **equivalente mecánico del calor**:

$$4,186 \text{ J} = 1 \text{ cal} \tag{10.1}$$

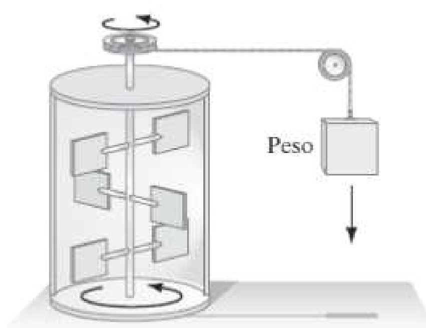


Figura 10.1. Experimento de Joule para determinar el equivalente mecánico de calor

El termino **calor** se refiere a una transferencia de energía de un objeto caliente a otro frío, es decir la transferencia se da debido a una diferencia en temperatura ΔT. La unidad del **calor** en el SI es el joule (J). La cantidad de calor Q requerida para cambiar la temperatura de un material dado es proporcional a su masa m y al cambio de temperatura ΔT, es decir:

$$Q = mc\Delta T \tag{10.2}$$

donde c es el **calor especifico** del material en unidades J/kg°C. Los valores de c para sólidos y líquidos dependen de la temperatura y la presión, mas para cambios de temperatura relativamente pequeños, c puede ser considerado constante.

La **capacidad térmica** C (J/°C) de una muestra se define como la cantidad de energía necesaria Q para elevar la temperatura ΔT en 1°C:

$$Q = C\Delta T \tag{10.3}$$

Cambios de Fase

Usaremos el término **fase** para describir un estado específico de la materia, como sólido, líquido o gas. Por ejemplo: el compuesto H_2O existe en la *fase sólida* como hielo, en la *fase líquida* como agua y en la *fase gaseosa* como vapor. La transición de una fase para otra se denomina **cambio de fase**. Para una presión dada, los cambios de fase se dan a una temperatura definida, generalmente acompañada por absorción o emisión de calor.

Un cambio de fase conocido es la fusión del hielo. Si agregamos calor al hielo a 0 °C, a presión atmosférica normal, la temperatura del hielo *no* aumenta. En vez de ello, parte del hielo se funde para formar agua líquida. Si agregamos calor lentamente, manteniendo el sistema muy cerca del equilibrio térmico, la temperatura seguirá en 0 °C hasta fundir todo el hielo, es decir el calor agregado cambia la fase del agua de sólida para líquida.

Para convertir 1 kg de hielo a 0 °C en 1 kg de agua líquida a 0 °C y a presión atmosférica normal, necesitamos $3,34 \times 10^5$ J de calor. El calor requerido por unidad de masa se llama **calor de fusión** o **calor latente de fusión**, denotado como L_f. Para el agua a presión atmosférica normal, el calor de fusión es:

$$L_f = 3,34 \times 10^5 \text{ J/kg} = 79,6 \text{ cal/g} \tag{10.4}$$

En términos más generales, para fundir una masa m de material con calor de fusión L_f se requiere una cantidad de calor Q dada por:

$$Q = \pm m L_f \tag{10.5}$$

Este proceso es *reversible*. Para congelar agua líquida a 0 °C tenemos que *quitar* calor; la magnitud es la misma, pero ahora Q es negativa. Para cubrir ambas posibilidades e incluir otros tipos de cambios de fase, escribimos:

$$Q = \pm m L \tag{10.6}$$

Usamos el signo más (entra calor) cuando el material se funde, y el signo menos (sale calor) cuando se congela. El calor de fusión es diferente para diferentes materiales, y también varía un poco con la presión. Para un material dado, a una presión dada, la temperatura de congelación es la misma que la de fusión. En esta temperatura única, las fases líquida y sólida (agua líquida y hielo, por ejemplo) pueden coexistir en una condición llamada **equilibrio de fases**. Algo similar sucede con la *ebullición* o *evaporación*, una transición de fase entre líquido y gas. El calor correspondiente (por unidad de masa) se llama **calor de vaporización** L_v. A presión atmosférica normal el **calor de vaporización** L_v del agua es:

$$L_v = 2,256 \times 10^6 \text{ J/kg} = 539 \text{ cal/g} \tag{10.7}$$

Es decir, necesitamos $2,256 \times 10^6$ J para convertir 1 kg de agua líquida a 100 °C en 1 kg de vapor de agua a 100 °C.

B.1. Método de Mezclas

El método de mezclas usa un sistema adiabático aislado como el *calorímetro*. Si se coloca en el *calorímetro* una cantidad de agua de masa m_{agua} a temperatura ambiente, el *calorímetro* y el agua entran en equilibrio térmico a una temperatura T_1. Seguidamente en el sistema *agua-calorímetro*, introducimos una muestra de hielo de masa m_{hielo} a temperatura T_2, todo el conjunto alcanzará un nuevo estado de equilibrio térmico a la temperatura T_f.

Este proceso se realiza a presión constante, $P_{\text{atmosferica}}$; y sin intercambio de calor con el exterior (sistema adiabático), por lo que el calor que pierde un cuerpo es igual al calor que gana el otro dentro del recipiente; es decir: *la suma de calores del sistema es igual a cero.*

$$\sum Q = 0 \tag{10.8}$$

Si consideramos los elementos participantes de la mezcla tenemos:

$Q_1 = m_{\text{agua}} c_{\text{agua}} (T_f - T_1)$ (calor absorbido por el agua)
$Q_2 = C_{\text{calorímetro}} (T_f - T_1)$ (calor absorbido por el calorímetro)
$Q_3 = m_{\text{hielo}} L_f$ (calor necesario para cambiar el estado del hielo a agua a 0 ℃)
$Q_4 = m_{\text{hielo}} c_{\text{agua}} (T_f - T_2)$ (calor cedido por el hielo para llegar a la temperatura de equilibrio T_f)

Entonces:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0 \tag{10.9}$$

C. Cuestionario Previo

Universidad Católica San Pablo	Apellidos y Nombres:		
	Grupo:	Dia: / /	Hora:
	Profesor:		Llave N°:

Calor Latente de Fusión del Hielo

1. Defina: a) Cantidad de Calor, b) Calorimetría, c) Calorímetro, d) Capacidad Calorífica

2. Elabore una tabla donde se muestre valores de Calor Específico de diferentes sustancias en los sistemas de unidades: SI y CGS.

3. a) Realice una tabla de Calores Latentes de Fusión y Vaporización de diferentes sustancias en los sistemas SI y CGS.

4. La figura 10.2 muestra la variación de la temperatura cuando se agrega calor continuamente a una muestra de hielo con una temperatura inicial menor a 0 ℃ (punto a). a) Describa lo que sucede con la muestra de hielo en los intervalos: ab, bc, cd, de, e... b) Si la masa la muestra de hielo es de 50 g, calcule el calor necesario para llevar la muestra de hielo desde -25 ℃ hasta 125 ℃.

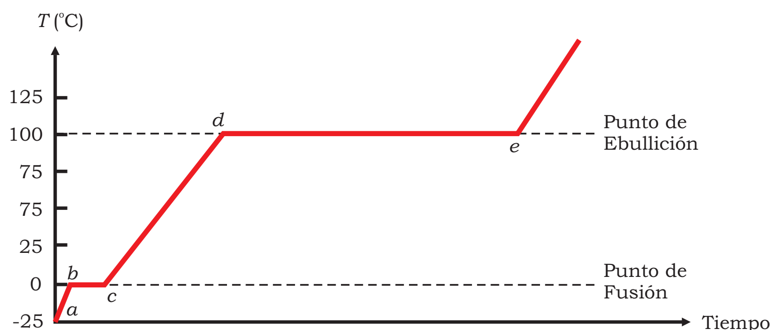


Figura 10.2. Temperatura contra tiempo para una muestra de agua que inicialmente está en la fase sólida.

....
....
....
....
....
....
....
....

5. Un lingote de 0,0500 kg de metal desconocido se calienta a 200,0 ℃ y después se deja caer en un calorímetro con una capacidad calorífica de 50 J/℃ que contiene 0,400 kg de agua inicialmente a 20,0 ℃. La temperatura de equilibrio final del sistema mezclado es 22,4 ℃. Encuentre el calor específico del metal. ¿De que material esta hecho el lingote?.

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

6. Lea cuidadosamente el Método de Mezclas presentado en la sección B.1 de los Fundamentos Teóricos y responda:

   a) ¿Cuántos elementos participan en la mezcla?

   ....

   b) Por qué en la ecuación (10.9) hay cuatro términos?

   ....

   ....

   c) Calcule el Calor Latente Fusión del hielo en el S.I. y C.G.S usando la ecuación (10.9) y los siguientes datos: $m_{\text{agua}} = 0,150$ kg, $m_{\text{hielo}} = 0,025$ kg, $C_{\text{calorimetro}} = 66$ J/℃, $T_1 = 28$ ℃, $T_2 = 0$ ℃, $T_f = 14$ ℃.

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

Universidad Católica San Pablo	Apellidos y Nombres:		
	Grupo:	Dia: / /	Hora:
	Profesor:		Llave N°:

Reporte de Laboratorio
Calor Latente de Fusión del Hielo

D. Materiales, Equipo y Esquema

- Un calorímetro
- Un termómetro
- Una balanza digital
- Un vaso de 400 ml
- Cubitos de hielo
- Agua a temperatura ambiente
- Una franela
- Papel toalla





a) b)

Figura 10.3. Calorimetro utilizado en el experimento.

E. Procedimiento Experimental y Toma de Datos

1. Limpie completamente el vaso del calorímetro con papel toalla.
2. Coloque el calorímetro sobre la balanza digital, presione el botón tara y asegúrese de que marque cero.
3. Utilizando el vaso de plástico vierta una masa de 150 g de agua y complete la tabla 10.1.
4. Por separado mida la masa de 25 g de hielo aproximadamente y complete la tabla 10.1.
5. Mida la temperatura inicial del calorímetro y del agua. Complete la tabla 10.2.
6. Mida la temperatura inicial del hielo y complete la tabla 10.2

7. Coloque la muestra del hielo dentro del calorímetro, agite suavemente y mida la temperatura de equilibrio de la mezcla: hielo, agua y calorímetro. Complete la tabla 10.2.

8. ⚠ CUIDADO: Se mide la temperatura dentro del calorímetro cuando el hielo se derrite

9. Mida la masa del calorímetro con agua y hielo derretido y complete la tabla 10.1.

10. La capacidad calorífica del calorímetro PHYWE de 500 ml es: $C_{\text{calorimetro}} = (70 \pm 1)$ J/°C.

Tabla 10.1: Medidas de las masas.

Sustancia	Masa (g)
Agua	(........ ± ....) .....
Hielo	(........ ± ....) .....
Hielo + Agua	(........ ± ....) .....

Tabla 10.2: ....

Sustancia	Temperatura Inicial (±........ °C)	Temperatura Final (±........ °C)
Agua		
Calorimetro		
Hielo		

F. Análisis de Datos

1. Utilizando los datos de la tabla 10.1 y 10.2, calcule Q_1, Q_2, Q_4 y sus respectivas incertidumbres en el sistema CGS.

....

....

....

....

....

2. Utilizando la ecuación (10.9), calcule el calor latente de fusión del hielo en el CGS y su incertidumbre.

....

....

....

....

3. Convierta su resultado anterior para unidades del S.I.

....

....

G. Comparación y Evaluación

1. Compare el valor experimental obtenido en F2 con el valor teórico del calor latente de fusión del hielo $L_f = 79,8$ cal/g y comente su resultado.

   ....

   ....

   ....

   ....

H. Conclusiones

1. Tomando en cuenta los objetivos, la toma de datos experimentales, los resultados y la comparación en éste experimento, escriba sus conclusiones.

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

I. Cuestionario Final

1. La mezcla se ha desarrollado dentro de un calorímetro, ¿Se puede desarrollar esta mezcla dentro de un vaso de pírex?. Explique su respuesta.

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

2. Si cambiamos la temperatura inicial del agua y del calorímetro en la experiencia, ¿El valor obtenido del calor latente de fusión del hielo cambia?. Explique su respuesta.

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

3. Cuando salimos de la ducha, sentimos frío; pero apenas nos secamos sentimos menos frío, aunque la temperatura del cuarto no cambió. ¿Por qué sucede esto?.

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

4. Tenemos suerte de que la tierra no esté en equilibrio térmico con el Sol (cuya temperatura superficial es de 5800 K = 5527 °C). Pero, ¿Por qué no lo está?.

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

ECUACIÓN DE ESTADO DE LOS GASES IDEALES

I. OBJETIVOS

— Estudiar el comportamiento de aire como un gas ideal.
— Comprobar experimentalmente la validez de la ecuación de estado de los gases ideales.

II. FUNDAMENTO TEÓRICO

La ecuación de estado de los gases ideales es una síntesis de tres leyes: Ley de Avogadro, Ley de Boyle y la Ley de Charles. Estas leyes que son el resultado de mediciones experimentales de diversos gases dan origen a tres conclusiones:

— El volumen V es proporcional al número de moles n. Si duplicamos el número de moles, manteniendo constante la temperatura y la presión, el volumen de duplica.
— El volumen varía *inversamente* con la presión absoluta p. Si duplicamos la presión manteniendo constantes la temperatura T y el número de moles n, es gas se comprime a la mitad de su volumen inicial. Dicho de otro modo, $pV = ctte$ cuando n y T son constantes.
— La presión es proporcional a la temperatura *absoluta*. Si duplicamos la temperatura absoluta, manteniendo constantes el volumen y el número de moles, la presión se duplica. En otras palabras, $p \propto T$ si n y V son constantes.

Estas tres relaciones se combinan en una sola ecuación llamada **ecuación del gas ideal**.

$$pV = nRT \tag{1}$$

Donde, n es el número de moles de gas; R es la constante universal de los gases, $R = 8.314\ \mathrm{J/K.mol}$; y T es la temperatura absoluta en Kelvin.
La masa molecular media del aire es $28.964\ \mathrm{g/mol}$ y su densidad es $0.95695\ \mathrm{kg/m^3}$ a una altitud de 2500 m.s.n.m. La equivalencia de las unidades de presión entre el SI y el sistema inglés es: $1Pa = 1.451 \times 10^{-4}\mathrm{lb/ft^2}$.

III. CUESTIONARIO PREVIO

Responda las preguntas y presente al inicio de la sesión de laboratorio para su revisión

1. ¿Qué es un gas ideal?

   ………………………………………………………………………………………………………
   ………………………………………………………………………………………………………
   ………………………………………………………………………………………………………

2. En condiciones de temperatura y presión estándar (TPE), ¿Qué volumen ocupa 1 mol de gas ideal? Obtenga su respuesta usando la ecuación del gas ideal.

   ………………………………………………………………………………………………………
   ………………………………………………………………………………………………………
   ………………………………………………………………………………………………………
   ………………………………………………………………………………………………………
   ………………………………………………………………………………………………………

3. ¿A Qué tipos de procesos termodinámicos puede ser sometido un gas?

   ………………………………………………………………………………………………………
   ………………………………………………………………………………………………………
   ………………………………………………………………………………………………………
   ………………………………………………………………………………………………………

4. ¿Cuál es la diferencia entre manómetro y barómetro?

   ………………………………………………………………………………………………………
   ………………………………………………………………………………………………………
   ………………………………………………………………………………………………………
   ………………………………………………………………………………………………………

Universidad Católica UCSP	Apellidos y Nombres:		
	Grupo:	Fecha:	Hora:
	Docente:		Llave Nro.:

REPORTE DE LABORATORIO

IV. MATERIALES

— 01 Jeringa
— 01 Manómetro
— 01 Manguera de conexión
— 01 Termómetro
— 01 Regla de 60cm
— 01 Vernier metálico

V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Desplace el pistón de la jeringa de modo que se tenga un 100 ml de aire en el interior de la jeringa.
2. Coloque la jeringa en el extremo libre de la manguera y ajuste con una liga de modo que no escape el aire. Mida la temperatura del ambiente.

$$T = \ldots\ldots\ldots\ldots.. \pm.\ldots\ldots\ldots\ldots.. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

3. Desplazando lentamente el pistón de la jeringa registre los datos de la presión para diferentes volúmenes. Registre sus datos en la siguiente tabla. Controle que no exista variación de temperatura ni del número de moléculas durante el experimento.

Tabla 1. ……………………………………….

Nro.	Volumen V(ml)	Presión P( )
1		
2		
3		
4		
5		

4. Mida la longitud de la manguera entre la salida de la jeringa en la entrada del manómetro.

$$l = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \ldots\ldots\ldots$$

5. Mida el diámetro interior de la manguera y calcule el volumen de aire encerrado en esa parte.

$$d = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \ldots\ldots\ldots$$

$$V_i = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \pm \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \ldots\ldots\ldots\ldots$$

VI. ANALISIS DE DATOS

1. Calcule la presión atmosférica P_o en Arequipa en unidades SI, sabiendo que el valor experimental es de 580 mmHg ($\pm 5\%$).
2. Calcule la presión total $P_T = P + P_o$, volumen total $V_T = V + V_i$ y el inverso del volumen total $1/V_T$. Registre sus resultados en la Tabla 2.

Tabla 2.

Nro.	V_T( )	P( )	P_T( )	$1/V_T$( )
1				
2				
3				
4				
5				

3. Grafique la presión total P_T en función del volumen total V_T.
4. Grafique la presión total P_T en función de la inversa del volumen total $1/V_T$.

VII. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

1. ¿Cuál es el significado físico de la pendiente de la gráfica 2?

…………………………………………………………………………………………………
…………………………………………………………………………………………………
…………………………………………………………………………………………………

2. A partir de la pendiente de la gráfica 2 determine el número de moles experimental.

…………………………………………………………………………………………………
…………………………………………………………………………………………………
…………………………………………………………………………………………………

3. Determine el número de moles teórico a partir de los valores bibliográficos, luego compare con el valor experimental hallado en el paso anterior.

………………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………………

VIII. CONCLUSIONES

………………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………………

IX. CUESTIONARIO FINAL

1. ¿Por qué es necesario que el pistón sea desplazado lentamente?

………………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………………

2. ¿Cómo podría influir en el experimento la pérdida de aire durante la experiencia?

………………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………………
………………………………………………………………………………………………

Práctica 10

Cargas eléctricas

A. Objetivos

- Observar los procesos por los cuales un objeto adquiere carga eléctrica.
- Verificar la existencia de dos tipos de carga eléctrica y sus propiedades.

B. Fundamentos teóricos

B.1. Propiedades de las cargas eléctricas

La carga eléctrica es una propiedad de la materia. Fueron los griegos que, por los años 600 A.C., descubrieron esta propiedad cuando acercaban ámbar, previamente frotado con lana, a pequeñas plumas y hojas secas. Hoy en día se sabe que existen dos tipos de carga: positiva y negativa.

La materia, en condiciones normales, siempre se encuentra en equilibrio electrostático, es decir, la cantidad de protones es igual a la cantidad de electrones. Se dice que un objeto se ha electrizado negativamente si este ha ganado electrones o ha perdido protones. Por otro lado, un objeto cargado positivamente es aquel que ha perdido electrones o ha ganado protones. Cuando se habla de la carga de un cuerpo, siempre se trata de su carga neta. La carga neta es una fracción muy pequeña de la carga positiva o negativa total del cuerpo.

El principio fundamental de interacción entre cargas eléctricas indica que: los objetos electrizados con carga de un mismo signo se repelen y los objetos electrizados con cargas de signos opuestos se atraen. Otro principio fundamental es el de conservación de la carga eléctrica, que indica que: en el proceso de electrización de un material, la carga eléctrica no se crea ni se destruye, solo se transfiere.

Otra propiedad importante que tiene la carga eléctrica es que está cuantizada, es decir, la carga neta de un objeto, Q, siempre será un múltiplo entero, N, de una unidad de carga fundamental, q_e, es decir: $Q = Nq_e$. La unidad de carga fundamental es atribuida a la carga del electrón con un valor de: $q_e = 1,60 \times 10^{-19}$ C.

En función a la facilidad de movimiento de los electrones en un objeto, es posible clasificar los materiales como:

Conductores: son aquellos materiales donde algunos de sus electrones están débilmente ligados y pueden moverse por la superficie del material con relativa facilidad.

Aislantes: en estos materiales los electrones están fuertemente unidos a los átomos y tienen mucha dificultad de movimiento.

Los objetos pueden ser cargados de tres métodos, por frotamiento (conducción), contacto e inducción. Por ejemplo si frotamos una varilla de vidrio con un paño de seda, electrones son transferidos de la varilla de vidrio a la seda, quedando el vidrio cargado positivamente y la seda negativamente.

C. Cuestionario previo

Universidad Católica San Pablo	Apellidos y nombres:		
	Grupo:	Día: / /	Hora:
	Profesor:		

Cargas eléctricas

Responda las siguientes preguntas y preséntelas al inicio de la sesión de laboratorio.

1. ¿Cuáles son las propiedades más importantes de las cargas eléctricas? Explique.

   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....

2. Un peine cargado con frecuencia atrae pequeños fragmentos de papel seco que posteriormente caen cuando alguien toca el peine. Explique este comportamiento.

   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....

3. ¿Qué evidencia experimental existe para sugerir que solo hay dos tipos de carga?

   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....
   ....

4. Explique el proceso de electrización por inducción de un aislante y de un conductor.

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

Universidad Católica San Pablo	Apellidos y nombres:		
	Grupo:	Día: / /	Hora:
	Profesor:		

Reporte de Laboratorio
Cargas eléctricas

D. Materiales, equipo y esquema

- Un péndulo eléctrico
- Dos varillas de PVC
- Dos varillas de vidrio
- Un paño de seda
- Un paño de lana
- Una regla de plástico
- Trocitos de papel picado
- Hilo de seda

Figura 6.1. Electrización por frotamiento de dos varillas de PVC. a) Una de las varillas es electrizada por frotamiento con una franela. b) La varilla electrizada es aproximada a otra varilla de PVC suspendida en forma de péndulo en equilibrio.

ATENCIÓN: Para obtener una buena electrización de las barras de PVC y de vidrio, estas deben ser frotadas con los paños de tela VIGOROSAMENTE. Tenga en cuenta que hay varios factores externos que pueden influenciar en la cantidad de carga que se transfiere de un objeto a otro. Antes de comenzar cada experimento asegúrese de que las varillas estén descargadas, esto se logra a través de un simple contacto con sus manos.

E. Procedimiento experimental y análisis de datos

E.1. Varilla de PVC suspendida

1. Cuelgue una de las varillas de PVC de tal manera que quede suspendida como un péndulo.

2. Aproxime la otra varilla de PVC a la varilla suspendida, como se muestra en la figura 6.1. Describa detalladamente lo que observa, ayudándose con esquemas donde se muestre las cargas participantes.

. . . .

. . . .

. . . .

3. Frote con una franela un extremo de las dos varillas de PVC, y seguidamente aproxímelas una a la otra teniendo cuidado de que no entren en contacto. Describa lo que observa y explique el fenómeno electrostático.

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

E.2. Varilla de vidrio suspendida

1. Cuelgue una de las varillas de vidrio de tal manera que quede suspendida como un péndulo.

2. Aproxime la otra varilla de vidrio a la varilla suspendida y describa lo observado en esta experiencia.

. . . .

. . . .

. . . .

3. Frote con una seda cada una de las varillas de vidrio y luego aproxímelas una a la otra, teniendo cuidado de que ambas varillas no entren en contacto. Describa lo que observa y explique el fenómeno.

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

4. Descargue todas las varillas. Frote con una seda la varilla de vidrio suspendida y con una franela la varilla de PVC. Con las varillas cargadas, acerque la varilla de PVC a la varilla de vidrio suspendida asegurándose de que no entren en contacto. Describa lo que observa y explique el fenómeno.

. . . .

. . . .

. . . .

. . . .

E.3. Regla de plástico

1. Recorte pequeños trozos de papel y aproxime la regla de plástico. Describa lo que observa y explique el fenómeno. Puede usar figuras y esquemas para su descripción.

   ....

   ....

   ....

   ....

2. Frote la regla de plástico con la franela y acérquela a los papelitos teniendo cuidado de que los papelitos no toquen la regla. Describa lo que observa y explique el fenómeno.

   ....

   ....

   ....

   ....

F. Conclusiones

1. Escriba de forma breve las conclusiones de la experiencia.

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

G. Cuestionario final

1. En el proceso de cargar eléctricamente un objeto, ¿es posible transferir cargas positivas de un objeto a otro? Explique detalladamente.

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

2. Utilizando dibujos y esquemas, explique el proceso de carga por el cual los papelitos son atraídos por una regla cargada.

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

3. Explique cómo se distribuye la carga eléctrica en los aislantes y en los conductores.

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

4. ¿Por qué el vidrio cuando se frota con seda adquiere una carga positiva y el PVC cuando se frota con franela adquiere una carga negativa?

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

Práctica 11

Medición de Magnitudes Eléctricas

Autores: **Dr. Henry Javier** & **Lic. Sandra Aynaya**

A. Objetivos

- Conocer las características de los instrumentos de medición de magnitudes eléctricas.
- Aprender a manejar adecuadamente los instrumentos de medición y registrar las medidas con su incertidumbre.

B. Fundamentos Teóricos

B.1. Instrumentos de medición de magnitudes eléctricas

En el laboratorio se utilizará el **multímetro** para medir *caídas de potencial*, comúnmente llamada de voltajes o tensión eléctrica, las *intensidades de corriente eléctrica* y la *resistencia eléctrica* de Resistores. Existen dos tipos de multímetros: Analógicos y Digitales (Figura 2.1).



(a) (b)

Figura 2.1. Instrumentos de medición de magnitudes eléctricas. (a) Multímetro analógico (b) Multímetro digital

El multímetro analógico, también conocido como Multitester, posee partes eléctricas y mecánicas; mientras que el multímetro digital es un instrumento completamente electrónico. Ambos aparatos también suelen estar adaptados para otras funciones tales como medir la *capacitancia* de capacitores, verificar diodos y transistores, medir temperatura y frecuencia, etc.

Medición de la diferencia de potencial (voltaje)

El multímetro puede ser usado como voltímetro, el cual mide diferencias de potencial, ΔV, entre dos puntos de un circuito eléctrico. Comunmente llamado de *medida de voltaje* o simplemente *voltaje*, la unidad es el voltio y en la escala del instrumento es representado por la letra **V**.
Los multímetros pueden medir diferencias de potencial en circuitos de corriente directa (DC —) y corriente alterna (AC $\sim$). Por lo tanto, para una correcta medición primero se debe identificar el tipo de voltaje con el que se va a trabajar, seleccionar la función apropiada en una escala adecuada y colocar las puntas de prueba en las conexiones indicadas.

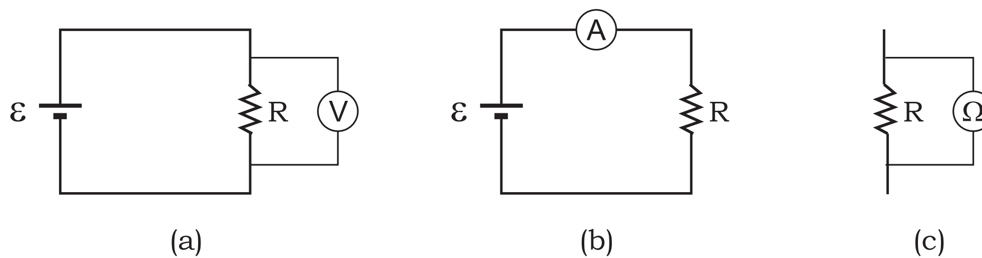


Figura 2.2. Mediciones eléctricas. a) Posición en **paralelo** del voltimetro en una medida de diferencia de potencial o voltaje. b) Posición en **serie** del amperimetro en una medida de corriente. c) La medida de resistencia en con un ohmimetro se realiza con las terminales del elemento conectadas directamente al instrumento.

Para efectuar la medida de la diferencia de potencial, el voltímetro, cuyo símbolo es Ⓥ, deberá ser colocado en **paralelo**, esto es, en derivación sobre los puntos entre los que se trata de efectuar la medida (Figura 2.2a). Esta disposición exige que la resistencia interna de un voltímetro tenga un valor muy alto, en el orden de Megaohmios ($M\Omega = 10^6\Omega$), esto con la finalidad de que no pase corriente a través del instrumento, caso contrario la corriente en el circuito disminuiría.

Medición de la intensidad de corriente (corriente)

El multímetro también puede ser utilizado como amperímetro que mide la intensidad de corriente eléctrica, I, que pasa por una rama de un circuito. La unidad de la corriente es el amperio y en el instrumento se representa por la letra **A**.
Para efectuar la medida de la intensidad de la corriente circulante, el amperímetro, cuyo símbolo es Ⓐ, ha de colocarse en **serie**, para que sea atravesado por dicha corriente. Esto lleva a que el amperímetro deba poseer una resistencia interna lo más pequeña posible, a fin de que no produzca una caída de tensión apreciable (Figura 2.2b).

Medición de la resistencia eléctrica

Otra función del multimetro es de ohmimetro. Un ohmímetro es un instrumento que se utiliza para medir la resistencia eléctrica, su unidad es el ohmio u ohm, con simbolo (Ω), esta compuesto de una pequeña batería para aplicar un voltaje a la resistencia bajo medida, para luego mediante un galvanómetro medir la corriente que circula a través de la resistencia. La escala del galvanómetro está calibrada directamente en ohmios, ya que en aplicación de la ley de Ohm, al ser el voltaje de la batería fijo, la intensidad circulante a través del galvanómetro sólo va a depender del valor de la resistencia bajo medida, esto es, a menor resistencia mayor intensidad de corriente y viceversa.

Para medir la resistencia eléctrica de un elemento de un circuito, se debe conectar el instrumento tal como se muestra en la figura 2.2c. La medida de la resistencia es recomendable retirar el elemento de cualquier fuente externa y conectar el ohmimetro directamente.

B.2. Utilizando la escala apropiada

Como las magnitudes a medir están comprendidas en un rango muy amplio de valores, los multímetros, poseen un selector que nos permite escoger la escala que mejor se adecue al valor de la magnitud a medir. Esto es, el valor a medir quedará comprendido entre el cero y un *valor máximo*, denominado *fondo de escala*, que debe ser el superior inmediato al valor a medir.
Por ejemplo: si se desea medir una intensidad de corriente de 3 A, y el instrumento posee un selector de escala con rangos entre 0 - 2 A; 0 - 5 A y 0 - 10 A, se seleccionará la escala de 0 - 5 A. Los valores de 2 A, 5 A, y 10 A nos están indicando el valor máximo a medir en dicha escala, es decir *su fondo de escala*. Esto mismo se aplica al voltímetro y ohmímetro.

B.3. Pasos para realizar correctamente una medida eléctrica

1. Definir si se va a realizar medidas con corriente o voltaje directo o alterno, y selecciónar DC o AC en el multimetro.
2. Seleccionar una escala apropiada, de preferencia una escala superior a la magnitud a ser medida.
3. Conectar los cables (puntas de prueba) en las conexiones correspondientes tomando en cuenta que un terminal siempre debe estar conectado al punto llamado común (COM).
4. Encender el multímetro y realizar la medida cuidadosamente. Tomar en cuenta que los Voltímetros se conectan en **paralelo** y los Amperímetros en **serie**. Para las medidas de resistencia se debe retirar el elemento del circuito y hacer la medida de resistencia rapidamente.

B.4. Obtención de la incertidumbre en medidas con multímetros

Multímetros analógicos

La incertidumbre o error en la medida con un multímetro analógico es indicada por el fabricante según el índice de clase, I_c. Los valores típicos de este indice son: 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 5,0. Todos estos valores se dan en %.
La incertidumbre porcentual es obtenida usando la siguiente formula:

$$incertidumbre\,\% = \frac{(I_c) \times (\text{Escala Utlizada})}{\text{Valor leído}} \tag{2.1}$$

Multímetros digitales

La incertidumbre en multímetros digitales se determina usando:

$$incertidumbre = (\,\%\text{ de lectura}) + (\text{número de dígitos menos significativos}) \tag{2.2}$$

donde el % de la lectura está especificado en el instrumento de medida con sus respectivos dígitos.

Ejemplo: Las especificaciones del multímetro digital modelo YF-3503 son dadas en el manual de usuario. En la tabla 2.1 son presentados algunos valores importantes. Por lo tanto, si hacemos una medida en la escala de 20 V de corriente directa (DC) y medimos 19,81, entonces la incertidumbre estará dada por:

$$incertidumbre = (0,8\,\%\text{ de }19,81) + (0,01)$$

$$incertidumbre = (0,16) + (0,01) = 0,17\text{V}$$

El resultado final tiene que ser dado por:

$$V = (19,81 \pm 0,17)\text{V}$$

B.5. Código de colores para resistencias de carbón

El código de colores, presentado el la tabla 2.2, es utilizado en electrónica para indicar los valores de los componentes electrónicos. Es muy habitual en las resistores pero también se utiliza para otros componentes como capacitores, inductores y díodos.

Tabla 2.1: Especificaciones eléctricas del multímetro digital YF-3503.

Funciones	Rangos	Resolución	Precisión
Voltaje DC	200 mV	0,1 mV	0,5 % lectura + 1 digito
	2 V 20 V 200 V 1000 V	1 mV 10 mV 100 mV 1 V	0,8 % lectura + 1 digito
Voltaje AC	200 mV 2 V 20 V 200 V 750 V	0,1 mV 1 mV 10 mV 100 mV 1 V	1,2 % lectura + 3 digitos (40 Hz - 500 Hz)
Corriente DC	200 μA 2 mA 20 mA 200 mA	0,1 μA 1 μA 10 μA 100 μA	0,8 % lectura + 1 digito
	20 A	10 mA	2 % lectura + 1 digito
Corriente AC	200 μA 2 mA 20 mA 200 mA	0,1 μA 1 μA 10 μA 100 μA	1,2 % lectura + 3 digitos (40 Hz - 500 Hz)
	20 A	10 mA	2 % lectura + 3 digitos
Resistencia (Ω)	200 Ω 2 kΩ 20 kΩ 200 kΩ 2000 kΩ	0,1 Ω 1 Ω 10 Ω 100 Ω 1 kΩ	0,8 % lectura + 2 digitos
	20 MΩ	10 kΩ	2 % lectura + 2 digitos

Tabla 2.2: Codigo de colores para resistores de carbón con 4 bandas.

Color	1ra. y 2da. banda	3ra. banda	4ta. banda	
	1ra. y 2da. cifra significativa	factor multiplicador	tolerancia	%
Plata		0,01		± 10
Oro				± 5
Negro	0	×1	Sin color	± 20
Marrón	1	×10	Plateado	± 1
Rojo	2	×100	Dorado	± 2
Naranja	3	×1000		± 3
Amarillo	4	×10000		± 4
Verde	5	×100000		
Azul	6	×1000000		
Violeta	7			
Gris	8	×0, 1		
Blanco	9	×0, 01		

Ejemplo: Se nos da la resistencia de la figura 2.3, y se nos pide informar su valor nominal con su incertidumbre.

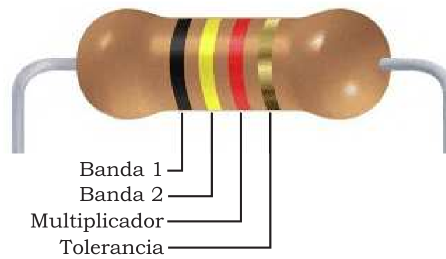


Figura 2.3. Resistor de carbón de tres bandas

para ello tenemos que utilizar el código de colores de la tabla 2.2. Aqui vemos que:

Banda 1	Negro	0
Banda 2	Amarillo	4
Multiplicador	Rojo	$\times 100$
Tolerancia	Dorado	$\pm 2\,\%$

El valor de la resistencia será entonces: $\mathrm{R} = 400\ \Omega \pm 2\,\%$ ó $\mathrm{R} = (400 \pm 8)\Omega$.

C. Cuestionario Previo

Universidad Católica San Pablo	Apellidos y Nombres:		
	Grupo:	Dia: / /	Hora:
	Profesor:		Llave N°:

Medición de Magnitudes Eléctricas

Responda las siguientes preguntas y preséntelas al inicio de la sesión de laboratorio.

1. Enumere paso a paso todos los procedimientos a ser realizados con un multímetro digital para medir el voltaje, la corriente y la resistencia de un resistor en un circuito eléctrico.

....

....

....

....

....

....

2. El voltaje medido en un resistor con un multímetro digital es de 122,345 mV. La medida fue realizada con el multímetro en la escala de 300 mV. Si la precisión del multímetro en esa escala es de $0,5\,\% + 2$ dgt, determine la incertidumbre de la medición e informe el resultado final de la medida, esto es, el valor medido incluyendo su incertidumbre.

....

....

....

....

3. ¿La resistencia interna de un multímetro digital podría afectar las mediciones de voltaje y corriente en un circuito eléctrico?.

....

....

....

....

4. ¿Qué cuidados deben ser tomados en cuenta cuando medimos la resistencia eléctrica de un elemento eléctrico?

   ....

   ....

   ....

   ....

Grupo:	Dia: / /	Hora:	Universidad Católica San Pablo
Integrantes:		Llave N°	Nota:
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Reporte de Laboratorio
Medición de Magnitudes Eléctricas

D. Materiales y Equipo

- Un multímetro digital
- Tres resistores de diferente valor
- Bateria de 9 V

E. Procedimiento Experimental y Análisis de Datos

E.1. Reconocimiento de los materiales e instrumentos

1. Haga un esquema del multímetro digital y anote todas las partes y sus especificaciones técnicas en las escalas de voltaje, corriente y resistencia.

E.2. Medición de la resistencia eléctrica

⚠ **No olvide verificar la polaridad de los instrumentos de medida**

⚠ **Una vez que haya terminado de tomar los datos apague los instrumentos**

1. Utilizando la función correcta del multímetro digital mida la resistencia eléctrica de los tres resistores dados. Ademas utilizando el manual del instrumento determinar la incertidumbre de la medición. Colocar sus resultados en la tabla 2.3.

2. Utilizando el código de colores de la tabla 2.2, indique el valor nominal de la resistencia eléctrica de los resistores con su incertidumbre. Registre sus resultados en la tabla 2.3.

Cálculos en la determinación de la incertidumbre:

....

....

....

....

Tabla 2.3: Datos de resistencia de tres resistores usando un multímetro digital y el código de colores

Resistor	Medido con el multímetro $R \pm \Delta R$ (Ω)	Obtenido con el código de colores $R \pm \Delta R$ (Ω)
1	$\pm$	$\pm$
2	$\pm$	$\pm$
3	$\pm$	$\pm$

E.3. Medición de diferencia de potencial (voltaje o tensión)

1. Utilizando la función correcta del multímetro digital mida el voltaje que proporciona la batería con su respectiva incertidumbre. Registre sus resultados en la tabla 2.4.

2. Haciendo la selección correcta en el multímetro mida el voltaje en el tomacorriente del laboratorio. Registre sus resultados en la tabla 2.4 con sus respectiva incertidumbre.

Cálculos en la determinación de la incertidumbre:

....

....

....

Tabla 2.4: Datos de diferencia de potencial (voltaje o tensión) de una batería y del tomacorriente

Dif. Potencial	$V \pm \Delta V$ (V)
Batería	$\pm$
Tomacorriente	$\pm$

F. Comparación y Evaluación

1. Compare los valores de resistencia medido con el multímetro y obtenido con el código de colores (valor nominal) para cada resistor. Utilice dos tipos de comparación: **porcentual** y con **región de incertidumbre**. El valor nominal puede ser adoptado como valor bibliográfico.

   Comente sus resultados:

   ....

   ....

   ....

2. Después de haber realizado las medidas con el multímetro digital, ¿Cuál cree usted que son las principales diferencias entre la medición de la tensión en una batería y en el tomacorriente?

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

G. Conclusiones

Escriba las principales conclusiones de la experiencia

....

....

....

....

....

H. Cuestionario Final

1. ¿Cuál es valor que debe tener la resistencia interna de un voltímetro?, Explique detalladamente.

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

2. ¿Cuál es valor que debe tener la resistencia interna de un amperímetro?, ¿Por qué?.

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

3. ¿Qué es un Galvanómetro y que relación tiene con los instrumentos de medida eléctricos?

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....

   ....